



**SKRIPSI ME 141501**

**ANALISA PUTARAN DAN TORSI TURBIN ARUS  
LAUT AKIBAT PENGARUH VARIASI DIAMETER  
DAN JUMLAH BLADE**

SATRIO EKO YULIANTO  
NRP 4210 100 035

Dosen Pembimbing  
Irfan Syarif Arief, ST, MT

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2015

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*



**FINAL PROJECT ME 141501**

**ANALISYS OF ROTATION AND TORQUE MARINE  
CURRENT TURBINE BECAUSE THE EFFECT OF  
VARIATION OF DIAMETER AND NUMBER OF  
BLADE**

SATRIO EKO YULIANTO  
NRP 4210 100 035

Supervisor  
Irfan Syarif Arief, ST, MT

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2015

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **ANALISA PUTARAN DAN TORSI TURBIN ARUS LAUT AKIBAT PENGARUH VARIASI DIAMETER DAN JUMLAH BLADE**

## **SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada**

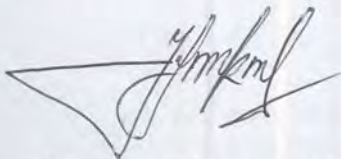
**Bidang Studi Marine Manufacturing and Design (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh:**

**SATRIO EKO YULIANTO**

**NRP. 4210 100 035**

**Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi :**



**Irfan Syarif Arief, ST. MT  
(1969 1225 02 1001)**

**SURABAYA,**

**JANUARI 2015**

**LEMBAR PENGESAHAN****ANALISA PUTARAN DAN TORSI TURBIN ARUS  
LAUT AKIBAT PENGARUH VARIASI DIAMETER  
DAN JUMLAH BLADE  
SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi Marine Manufacturing and Design (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Oleh:

**SATRIO EKO YULIANTO**

NRP. 4210 100 035

Disetujui oleh Ketua Jurusan :



**DR. Ir. A.A. Masroeri, M.Eng**  
(1958-0807 1984 03 1001)

**SURABAYA,  
JANUARI 2015**

## **ANALISA PUTARAN DAN TORSI TURBIN ARUS LAUT AKIBAT PENGARUH VARIASI DIAMETER DAN JUMLAH BLADE**

**Nama Mahasiswa** : Satrio Eko Yulianto  
**NRP** : 4210 100 035  
**Jurusan** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : Irfan Syarif Arief ST, MT.

### **Abstrak**

Krisis energi adalah masalah yang sangat fundamental di Indonesia. Energi laut menyimpan potensi sumber energi yang sangat besar. Salah satu jenis energi laut yang bisa dimanfaatkan adalah energi dari pergerakan arus laut. Prinsip sederhana dari pemanfaatan energi arus laut ini adalah dengan menggunakan energi kinetik untuk memutar turbin yang selanjutnya menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Pada penulisan tugas akhir ini akan membahas tentang analisa terhadap putaran dan torsi turbin arus laut akibat pengaruh variasi diameter dan jumlah blade. Diameter turbin yang divariasikan adalah 2m, 2.5m dan 3m. Setiap model turbin tersebut juga divariasikan jumlah blade dan sudut pitchnya. Jumlah blade yang divariasikan adalah 8, 10 dan 12. Sedangkan sudut pitch yang divariasikan adalah 15°, 20° dan 25°. Analisa menggunakan *Computational Fluids Dynamics* (CFD) pada setiap kecepatan arus laut yang sudah ditentukan.

***Kata kunci: Putaran, Torsi, Diameter, Blade, Pitch, Turbin, CFD***

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



# **ANALISYS OF ROTATION AND TORQUE MARINE CURRENT TURBINE BECAUSE THE EFFECT OF VARIATION OF DIAMETER AND NUMBER OF BLADE**

**Name** : Satrio Eko Yulianto  
**NRP** : 4210 100 035  
**Departement** : Marine Engineering  
**Supervisor** : Irfan Syarif Arief ST, MT.

## **Abstract**

Crisis of energy is a fundamental problem in Indonesia. Ocean energy saving potential source of enormous energy. One type of marine energy that can be used is the energy of the movement of ocean currents. The simple principle of this ocean current energy utilization is to use kinetic energy to turn a turbine and then turn the generator to produce electricity. In this final project will discuss the analysis of the rotation and torque marine current turbine torque because the effect of variation of diameter and number of blades. The variation of marine current turbine are 2m, 2.5m and 3m. Each model of turbine is also varied the number of turbine blades and pitch. The number varied blade is 8, 10 and 12. The pitch angle is varied 15°, 20° and 25°. Analysis using Computational Fluids Dynamics (CFD) at any speed of ocean currents that have been determined.

***Keywords: Rotation, Torque, Diameter, Blade, Pitch, Turbine, CFD***

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis ucapkan yang sebesar – besarnya kepada Allah swt karena atas rahmat, nikmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisa Putaran Dan Torsi Turbin Arus Laut Akibat Pengaruh Variasi Diameter Dan Jumlah Blade”.

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana (S1) di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tugas akhir ini membahas tentang karakteristik putaran dan torsi turbin arus laut akibat pengaruh dari variasi diameter dan jumlah blade.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis telah banyak mendapat dorongan dari berbagai pihak yang sangat membantu dan memberikan semangat pada penulis agar tetap berjuang sampai akhir. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. ALLAH SWT yang telah memberikan jalan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dan memberi sebuah anugerah yang tak ternilai.
2. Kedua orang tua penulis (ibu tercinta yaitu ibunda Suwarni dan ayahanda Sukarnianto ) adik saya Mila Dwi Kartika Sari dan segenap keluarga yang selalu memberi dorongan dan doa yang tidak ada hentinya.
3. Bapak Irfan Syarif Arief, ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, bimbingan, nasehat, selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. AA masroeri, M.Eng selaku ketua jurusan Teknik Sistem Perkapalan dan Bapak Dr. Eng Trika Pitana ST, M.Sc Selaku dosen wali yang telah memberikan petuah, amanah dan nasehat layaknya ayah sendiri.
5. Muhammad Wahyu Firmansyah, Dani Mishbah Firmanulloh, Hendrik Septiawan H, dan teman-teman seperjuangan yang

sama-sama mengambil bidang *Marine Manufacturing and Design* yang selalu setia menemani dan bekerja sama.

6. Mas Syafi<sup>6</sup> Mas Pandika, Mas Indra yang telah banyak menyemangati dan membantu dalam pencarian referensi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Gusti, Achwan, Elbas, Pepi, Aji, Dika, Herlan, Intan, Agus, Angga, Fivid, Fauzan, dan semua adek – adek pengurus lab.MMD yang telah memberikan semangat kepada penulis.
8. Teman-teman PINISI<sup>10</sup> yang telah memberikan makna belajar dan kebersamaan, semangat dan optimisme, toleransi dan pengertian serta makna sahabat dan keluarga.
9. Segenap member laboratorium Marine Manufacturing Desain yang telah memberikan bantuan moril dan materiil untuk mengerjakan skripsi ini. mas Pandika Hermawan yang senantiasa membantu dan menemani saya selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
10. Mas Rifa<sup>11</sup>, Mas Nanda, Mas Fandi, Fendi, Nadia, Siti dan adek – adek Rumah Belajar “Mafia Solution” yang telah banyak memberi ilmu tentang Belajar dan Mengajar.
11. Pihak-pihak yang terlibat dalam penyusunan Skripsi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, segala saran serta masukan yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dan kemajuan dalam Skripsi ini.

Akhir kata semoga Allah SWT melimpahkan berkah dan rahmat-Nya kepada kita semua. Semoga laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya yang membaca. Amin.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	2
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penulisan .....	4
1.5. Manfaat Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1. Umum.....	6
2.2. Energi Laut.....	6
2.3. Konsep Turbin.....	9
2.3.1 Turbin Angin .....	9
2.3.2 Kelebihan dan Kekurangan dari Energi Angin .....	12
2.3.3 Turbin Arus Laut .....	12
2.3.3.1 Turbin Arus Laut Vertical Axis.....	14
2.3.3.2 Turbin Arus Laut Horizontal Axis .....	16
2.3.4 Oscillating Hydrofoil.....	16
2.3.5 Enclosed Type Ventury .....	17
2.3.6 Archimedes Screw.....	18
2.3.7 Gorlov Turbin.....	18

2.4	Karakteristik Air Foil Aerodinamika.....	19
2.5	Perhitungan Daya dan Putaran Turbin .....	21
2.6	Kelebihan dan Kekurangan Turbin Arus Laut .....	22
2.7	Kelebihan dan Kekurangan Turbin Arus Laut .....	23
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>		<b>26</b>
3.1.	Identifikasi & Perumusan Masalah .....	26
3.2.	Studi Literatur.....	26
3.3.	Pengumpulan Data .....	27
3.4.	Perhitungan Diameter dan Jumlah Blade .....	27
3.5.	Pembuatan Model.....	27
3.6.	Simulasi.....	27
3.7.	Pengolahan data.....	27
3.8.	Evaluasi .....	28
3.9.	Kesimpulan.....	28
3.10.	Bagan Flowchart Metodologi .....	29
<b>BAB IV ANALISA DATA &amp; PEMBAHASAN.....</b>		<b>31</b>
4.1.	Umum.....	31
4.1.1	Perhitungan NACA 0015 .....	31
4.1.2.	Penggambaran model .....	33
4.1.3	Meshing.....	33
4.1.4	Simulasi Model.....	35
4.1.5.	Hasil Simulasi Model .....	36
4.1.6	Perhitungan.....	37
4.2.	Pembahasan.....	39
4.2.1	Pembahasan pada model Turbin dengan Pitch 15°.....	39
4.2.2	Pembahasan pada model Turbin dengan Pitch 20°.....	45

4.2.3. Pembahasan pada model Turbin dengan Pitch 25° .....	51
4.2.4 Pembahasan perbandingan model Turbin antar Pitch .....	57
<b>BAB V KESIMPULAN &amp; SARAN.....</b>	<b>60</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>63</b>
<b>BIODATA PENULIS.....</b>	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ketersediaan Potensi Energi Laut .....	8
Tabel 2.2	Koordinat Chord.....	32

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

gambar 2.1	Vertical Axis Wind Turbine .....	10
gambar 2.2	Vertical Axis Wind Turbine .....	11
gambar 2.3.	Horizontal Axis Wind Turbine.....	11
gambar 2.4.	Horizontal Axis Wind Turbine .....	12
gambar 2.5.	Turbin Savoius .....	14
gambar 2.6.	Turbin Darrieus .....	15
gambar 2.7.	Turbin H Rotor .....	15
gambar 2.8.	Turbin Arus Laut Sumbu Horizontal.....	16
gambar 2.9.	Oscillating Hydrofoil .....	17
gambar 2.10.	Enclosed Type Ventury .....	17
gambar 2.11.	Archimedes Screw.....	18
gambar 2.12	NACA Airfoil .....	19
gambar 2.13.	Airfoil Simetris.....	20
gambar 2.14.	Airfoil Asimetris.....	21
gambar 3.1.	Bagan Flowchart Metodologi.....	29
gambar 4.1.	Koordinat Model Turbin Arus Laut .....	12
gambar 4.2	Model Turbin Arus Laut.....	7
gambar 4.3.	Meshing.....	8
gambar 4.4.	Model pada Ansys cfx pre.....	10
gambar 4.5.	Hasil Simulasi.....	11
gambar 2.1	Vertical Axis Wind Turbine .....	10
gambar 2.2	Vertical Axis Wind Turbine .....	11
gambar 2.3.	Horizontal Axis Wind Turbine.....	11
gambar 2.4.	Horizontal Axis Wind Turbine .....	12
gambar 2.5.	Turbin Savoius .....	14
gambar 2.6.	Turbin Darrieus .....	15
gambar 2.7.	Turbin H Rotor .....	15
gambar 2.8.	Turbin Arus Laut Sumbu Horizontal.....	16
gambar 2.9.	Oscillating Hydrofoil .....	17

gambar 2.10. Enclosed Type Ventury .....	17
gambar 2.11. Archimedes Screw.....	18
gambar 2.12 NACA Airfoil .....	19
gambar 2.13. Airfoil Simetris.....	20
gambar 2.14. Airfoil Asimetris.....	21
gambar 3.1. Bagan Flowchart Metodologi .....	29
gambar 4.1. Koordinat Model Turbin Arus Laut .....	33
gambar 4.2 Model Turbin Arus Laut.....	34
gambar 4.3. Meshing.....	34
gambar 4.4. Model pada Ansys cfx pre.....	35
gambar 4.5. Hasil Simulasi.....	36
gambar 4.6. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya .....	39
gambar 4.7. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi.....	40
gambar 4.8. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran.....	40
gambar 4.9. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya .....	41
gambar 4.10. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi.....	41
gambar 4.11. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran.....	42
gambar 4.12. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya .....	43
gambar 4.13. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi.....	43
gambar 4.14. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran.....	44
gambar 4.15. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya .....	45
gambar 4.16. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi.....	46
gambar 4.17. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran.....	46
gambar 4.18. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya .....	47
gambar 4.19. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi.....	48
gambar 4.20. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran.....	48
gambar 4.21. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya .....	49
gambar 4.22. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi.....	50
gambar 4.23. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran.....	50
gambar 4.24. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya .....	51
gambar 4.25. Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi.....	52

gambar 4.26.	Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran .....	52
gambar 4.27.	Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya .....	53
gambar 4.28.	Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi.....	54
gambar 4.29.	Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran .....	54
gambar 4.30.	Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya .....	55
gambar 4.31.	Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi.....	56
gambar 4.32.	Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran .....	56
gambar 4.33.	Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya.....	57
gambar 4.34.	Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya.....	58
gambar 4.35	Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya .....	58

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Krisis energi adalah masalah yang sangat fundamental di Indonesia, khususnya masalah energi listrik. Energi listrik merupakan energi yang sangat diperlukan bagi manusia modern, bahkan sebagian besar aktivitas manusia ditunjang dengan sebuah peralatan dan teknologi yang menggunakan listrik sebagai sumber energi. Hal ini menjadikan bahwa listrik menjadi sebuah bagian yang tidak terpisahkan dalam aktivitas manusia.

Sejak beberapa tahun terakhir ini, para ahli mulai merubah pendapatnya tentang pemanfaatan sumber energi yang ada di Indonesia. Timbulnya kesadaran akan sumber bahan bakar fosil yang selama ini merupakan sumber energi andalan, akan terancam kelangkaan dalam beberapa tahun kedepan. Untuk itu, pemanfaatan sumber – sumber energi alternatif yang baru dan terbarukan harus senantiasa diupayakan secara intensif untuk menghadapi krisis energi yang semakin terasa dampaknya saat ini.

Solusinya adalah dengan memanfaatkan dan menggunakan sumber energi terbarukan yang tersedia melimpah di alam. Beberapa contoh sumber energi terbarukan adalah energi laut, energi matahari, energi angin dan energi panas bumi. Dan salah satu yang paling berpotensi di Indonesia adalah energi dari laut. Potensi energi laut sangatlah besar. 2/3 luas permukaan Indonesia adalah lautan, Dan dari seluruhnya memiliki potensi yang sangat besar untuk menghasilkan energi laut.

Potensi energy laut tersebut dapat dibagi menjadi 4 macam pembangkit energy laut. Empat (4) macam bentuk pemanfaatan energi laut tersebut adalah *Ocean Wave*, *Tides*, *Tidal Current*, *OTEC* dan *Salinity Gradient*. Sebagian dari potensi arus laut yang ada di Indonesia tersebut berada di 10 selat di wilayah perairan Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur, yaitu Selat Alas, Selat Sape, Selat Linta, Selat Molo, Selat Flores, Selat Boleng, Selat Lamakera, Selat Pantar dan Selat Alor.

Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, kecepatan arus laut di perairan Indonesia umumnya kurang dari 1,5 meter per detik, kecuali di selat-selat di antara pulau-pulau di Bali, Lombok, dan Nusa Tenggara Timur, kecepatannya bisa mencapai 2,5 meter per detik hingga 3,4 meter per detik. Arus pasang-surut terkuat yang tercatat di Indonesia adalah di selat antara Pulau Taliabu dan Pulau Mangole di Kepulauan Sula, Maluku Utara, dengan kecepatan 5 meter per detik.

Atas dasar potensi energi laut yang sangat besar dan masih belum banyak dimanfaatkan, maka dirancang sebuah tugas akhir yang membahas tentang analisa putaran dan torsi pada turbin arus laut akibat pengaruh variasi diameter dan jumlah blade. Diharapkan hasil dari tugas akhir ini dapat memberikan masukan untuk pengembangan potensi enrgi laut indonesia



## **1.2. Perumusan Masalah**

Perumusan masalah dalam tugas akhir ini yang terkait dengan analisa putaran dan torsi turbin arus laut akibat pengaruh variasi diameter dan jumlah blade adalah

1. Bagaimana karakteristik putaran turbin arus laut akibat variasi diameter dan jumlah blade ?
2. Bagaimana karakteristik torsi turbin arus laut akibat variasi diameter dan jumlah blade turbin ?
3. Bagaimana karakteristik Daya turbin arus laut akibat variasi diameter dan jumlah blade ?

## **1.3. Batasan Masalah**

Agar tidak terlalu meluas keluar dari fokus penelitian yang dilakukan pada pembuatan tugas akhir ini, maka perlu adanya batasan-batasan masalah dalam tugas akhir ini yang dibatasi pada :

1. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisa untuk variasi diameter dan jumlah blade pada turbin arus laut.
2. Proses pengerjaan dibantu dengan program CFD (*Computaional Fluid Dynamics*)
3. Tidak membahas tentang analisa system transmisi terkait daya listrik yang dihasilkan
4. Tidak merancang konstruksi penunjang turbin
5. Tidak menganalisa kekuatan material turbin
6. Aspek ekonomis tidak dibahas pada penulisan tugas akhir ini

#### **1.4. Tujuan Penulisan**

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik putaran turbin arus laut akibat pengaruh variasi diameter dan jumlah blade
2. Mengetahui karakteristik Torsi turbin arus laut akibat pengaruh variasi diameter dan jumlah blade
3. Mengetahui karakteristik Daya listrik yang dihasilkan turbin arus laut akibat pengaruh variasi diameter dan jumlah blade

#### **1.5. Manfaat Penulisan**

Dari Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi berbagai pihak yang membutuhkan. adapun manfaat yang dapat diperoleh antara lain :

1. Mengetahui performansi terbaik turbin arus laut dari hasil variasi diameter dan jumlah blade
2. Menyumbangkan karya ilmiah yang berhubungan dengan pengembangan energy laut
3. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan turbin arus laut
4. Sebagai salah satu upaya untuk menghilangkan ketergantungan pada bahan bakar fosil

*halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Energi listrik merupakan energy yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat. Listrik memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari - hari. Listrik menjadi sumber energy utama dalam setiap kegiatan rumah tangga maupun industri. Mulai dari peralatan-peralatan sederhana seperti setrika, mesin cuci, kipas angin, televise, computer hingga mesin-mesin pabrik yang berukuran besar semuanya menggunakan listrik. Umumnya listrik diperoleh dari mengubah energi kinetik menjadi listrik dengan menggunakan sebuah Generator. Energi kinetik yang digunakan untuk menggerakkan generator dapat diperoleh dari uap yang dihasilkan dari pembakaran sumber energi fosil, seperti minyak, batubara dan gas atau bisa juga dari aliran fluida cair atmaupun aliran fluida gas. Intinya adalah energi listrik dihasilkan dari perubahan sumber energi lain.

#### **2.2 Energi Laut**

Laut dengan segala kekuatannya, menyimpan potensi sumber energi yang sangat besar. Secara umum, potensi energi yang dapat diambil dari laut dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu energi ombak, energi pasang surut dan energi panas laut. Prinsip sederhana dari pemanfaatan ketiga bentuk energi laut tersebut adalah dengan menggunakan energi kinetik untuk memutar turbin yang selanjutnya menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Energi kinetik dari pergerakan air laut baik ombak, arus laut maupun energi potensial dari perbedaan suhu permukaan laut itu semua merupakan potensi sumber energi yang dimiliki oleh laut secara umum. Pada pemanfaatan potensi energi ombak, sumber energi didapat dari energi kinetik yang dihasilkan oleh ombak itu sendiri. Ombak dihasilkan oleh angin yang bertiup di permukaan laut.

Sesungguhnya ombak merupakan sumber energi yang cukup besar, namun, untuk memanfaatkan energi yang terkandungnya tidaklah mudah, terlebih lagi mengubahnya menjadi listrik dalam jumlah yang memadai. Inilah sebabnya jumlah pembangkit listrik tenaga ombak yang ada di dunia sangat sedikit. Salah satu metode yang efektif untuk memanfaatkan energi ombak adalah dengan membalik cara kerja alat pembuat ombak yang biasa terdapat di kolam renang. Pada kolam renang dengan ombak buatan, udara ditiupkan keluar masuk sebuah ruang di tepi kolam yang mendorong air sehingga bergoyang naik turun menjadi ombak.

Pada sebuah pembangkit listrik bertenaga ombak (PLTO), aliran masuk dan keluarnya ombak ke dalam ruangan khusus menyebabkan terdorongnya udara keluar dan masuk melalui sebuah saluran di atas sebuah ruang. Jika di ujung saluran diletakkan sebuah turbin, maka aliran udara yang keluar masuk tersebut akan memutar turbin yang menggerakkan generator dan akan menghasilkan energi listrik. Namun demikian, inovasi dalam usaha memanfaatkan secara maksimal energi gelombang semakin berkembang dan dilakukan dengan cara yang bermacam macam diantaranya dengan teknik *Bio Power Systems, Renewable Energi Holdings, Ocean Power Delivery*, dll.

Pada pemanfaatan potensi energi pasang surut air laut, sumber energi didapatkan dari gerakan air yang disebabkan ketinggian air laut saat pasang dan surut. Pasang surut tersebut menggerakkan air dalam jumlah besar setiap harinya dan pemanfaatannya dapat menghasilkan energi dalam jumlah yang cukup besar. Dalam sehari bisa terjadi hingga dua kali siklus pasang surut. Oleh karena waktu siklus bisa diperkirakan (kurang lebih setiap 12,5 jam sekali), suplai listriknya pun relatif lebih dapat diandalkan daripada pembangkit listrik tenaga ombak.

Pada pemanfaatan potensi energi panas laut, sumber energi didapat dari perbedaan suhu permukaan dan dalam air laut. Temperatur di permukaan laut lebih hangat karena panas dari sinar matahari diserap sebagian oleh permukaan laut. Tapi di bawah permukaan, temperatur akan turun dengan cukup drastis. Pembangkit listrik ini memanfaatkan perbedaan temperatur tersebut untuk menghasilkan energi. Pemanfaatan sumber energi jenis ini disebut dengan konversi energi panas laut yang sering disebut *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC).

Hasil survey dari organisasi internasional yang membidangi sistem energi laut (IEA/OES) menyatakan bahwa ada sekitar 17.400 Twh energi laut yang bisa dimanfaatkan. Berikut ini adalah tabel estimasi potensi energi laut yang diperkirakan dapat dimanfaatkan sebagai pengganti energi dari bahan bakar fosil seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.1 [2].

*Tabel.2.1 Ketersediaan Potensi Energi Laut*

<b>Sistem Energi Laut</b>	<b>Estimasi Ketersediaan Energi (Twh/year)*</b>	<b>Total Potensi Energi Laut yang bisa diserap (Twh/year)</b>
<b>Ocean Wave (Gelombang Laut)</b>	<b>80.000</b>	<b>17.400</b>
<b>Tidal (Marine) Current</b>	<b>800+</b>	
<b>Tide</b>	<b>300+</b>	
<b>Thermal Gradient (OTEC)</b>	<b>10.000</b>	
<b>Salinity Gradient</b>	<b>2.000</b>	

## 2.3 Konsep Turbin

Turbin adalah sebuah mesin berputar yang mengambil energi dari aliran fluida. Turbin sederhana memiliki satu bagian yang bergerak yang sering disebut dengan *assembly rotor-blade*. Fluida yang bergerak menabrak sudu-sudu turbin menjadikan sudu-sudu turbin tersebut berputar dan menghasilkan energi untuk menggerakkan rotor. Untuk memutar sudu-sudu turbin biasanya menggunakan fluida gas, uap maupun cair.

pada awalnya, Turbin dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani. Mulai dari penggilingan padi hingga keperluan irigasi. Turbin banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya yang lebih dikenal dengan *Windmill*. Saat ini, turbin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat. Dengan menggunakan prinsip konversi energi menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin dan arus laut diharapkan dapat mengatasi ketergantungan pada energi yang berbahan bakar fosil.

Saat ini, ada 2 macam turbin dengan penggerak gaya alam yang digunakan untuk menghasilkan energy listrik. Kedua turbin tersebut adalah Turbin angin dan Turbin arus laut. Namun, pada tugas ini penulis akan membahas lebih mengenai turbin arus laut.

### 2.3.1 Turbin Angin

Saat ini, pemanfaatan energi angin banyak sekali diaplikasikan dalam kehidupan sehari – hari. Hal itu sering kita jumpai seperti pada kapal, pabrik gandum, pompa air dan mesin perontok. Hal ini menunjukkan bahwa usaha untuk mengekstraksi kekuatan dari angin sudah lama dilakukan. Dengan evolusi wawasan mekanik dan teknologi, pada

dekade terakhir abad 20, khususnya perkembangan mesin yang efisien yang dapat mengekstrak listrik dari energi angin. Istilah “Turbin Angin” saat ini digunakan untuk mendefinisikan sebuah motor dengan blade yang dapat berputar yang dapat mengkonversi energi kinetik angin menjadi energi listrik yang berguna. Pada awal abad 20, desain awal turbin angin berdasarkan tiga filsafat untuk penanganan beban yaitu : (1) menahan beban, (2) menghindari beban, (3) pengelolaan beban mekanis, elektrik ataupun keduanya.

Secara garis besar terdapat 2 jenis turbin angin berdasarkan sumbunya yaitu turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal. Kedua jenis turbin angin ini biasanya dilengkapi dengan satu, dua, tiga atau beberapa blade. Saat ini, pemilihan jumlah blade pada turbin angin berdasarkan pada pertimbangan efisiensi aerodinamis, kompleksitas, biaya, kebisingan dan estetika. Selain itu tambahan pertimbangan lainnya adalah iklim angin, jenis rotor, jenis generator, beban dan metode dalam meminimalisir kebisingan. Berikut ini gambar kedua tipe dari turbin angin tersebut yang dijelaskan oleh gambar 2.1 – gambar 2.4.



*Gambar.2.1 Vertical Axis Wind Turbine [7]*

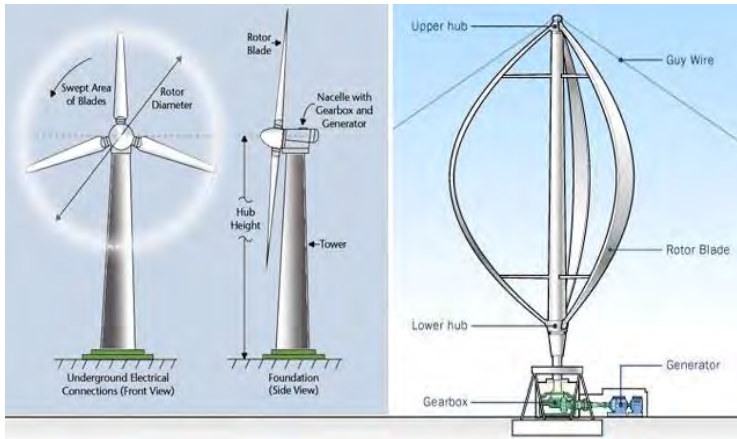




*Gambar.2.2 Vertical Axis Wind Turbine [8]*



*Gambar.2.3 Horizontal Axis Wind Turbine [8]*



*Gambar.2.4 Horizontal Axis Wind Turbine [8]*

### 2.3.2 Kelebihan dan Kekurangan dari Energi Angin

Angin merupakan energi yang terbarukan dan bersifat tidak terbatas. Berikut ini adalah keuntungan dari energi angin, diantaranya [6] :

1. Energi angin adalah energi yang terbarukan, maksudnya adalah suatu energi yang tidak akan pernah habis bila dipakai secara terus – menerus.
2. Energi angin memiliki ketersediaan yang amat sangat banyak. Baik energy angina yang terdapat di darat maupun yang berada di daerah pantai.
3. Energi angin tidak membawa dampak buruk bagi lingkungan. Hal ini menjadi pilihan utama karena dapat mengurangi efek rumah kaca di bumi dibandingkan dengan energi dari bahan bakar fosil yang sangat banyak menghasilkan gas buang yang berfifat polusi.

4. Setiap masyarakat dapat memanfaatkan energi angin untuk kebutuhan energi listrik dengan cara membangun turbin angin.

Selain kelebihan yang dimiliki oleh energi angin di atas, ada juga beberapa kekurangan dari pemanfaatan energi yang berasal dari angin. Berikut ini adalah beberapa kekurangan dari energi angin, yaitu :

1. Tidak semua wilayah dapat memanfaatkan energi angin yang dikarenakan oleh faktor ketersediaan angin di setiap daerah berbeda.
2. Pemasangan instalasi yang membutuhkan biaya sangat tinggi sehingga hanya sedikit orang yang minat untuk berinvestasi di bidang ini.
3. Pembangunan ladang angin dengan menggunakan material yang sangat besar membuat tampilan atau estetika lanskap menjadi berkurang.
4. Bila penempatan pembangunan ladang angin tidak tepat, dapat mengganggu populasi satwa di sekitarnya terutama satwa burung yang dapat terkena blade turbin angin tersebut.

### **2.3.3 Turbin Arus Laut**

Arus laut adalah gerakan massa air laut secara teratur dari suatu tempat ke tempat lain. Arus laut juga didefinisikan sebagai aliran air yang berkelanjutan. Arus merupakan gerakan yang luas yang terjadi pada seluruh lautan di dunia. Arus permukaan dibangkitkan oleh angin yang berhembus di permukaan laut. Fenomena ini sangat berpeluang untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dengan konsep yang

hampir sama dengan pembangkit listrik pada turbin angin. Dengan memasang sebuah turbin arus laut diharapkan dapat menghasilkan pembangkit listrik yang memiliki daya yang lebih besar jika dibandingkan dengan pembangkit listrik tenaga angin. Hal itu dikarenakan masa jenis air laut jauh lebih besar dibandingkan dengan masa jenis angin. Pada dasarnya turbin arus laut dibagi atas 2 jenis turbin yaitu turbin arus laut sumbu vertikal dan turbin arus laut sumbu horizontal.

### **2.3.3.1 Turbin Arus Laut Vertical Axis**

Ada banyak model VAT (Vertikal Axis Turbine) yang telah dibuat didunia ini. Namun, pada umumnya model dari VAWT dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu (1) Savonius Type, (2) Darrieus type, dan (3) H-Rotor Type. Turbin vertikal aksis dibagi menjadi 5 bagian, yaitu SCdarrieus, H-darrieus, darrieus, gorlov, dan savonius turbin. Perbedaan dari kelima turbin ini yaitu model blade yang digunakan. Untuk turbin tipe SC-darrieus dan Hdarrieus mempunyai bentuk blade tegak. Turbin darrieus mempunyai blade yang ditekuk, blade turbin gorlov mempunyai bentuk memutar, dan untuk tipe savonius, model bladenya tegak dan ditekuk sedikit. Berikut ini adalah contoh dari savonius turbin, darrieus turbin dan H rotor turbin yang ditunjukkan oleh gambar 2.5 – 2.7.



*Gambar.2.5 Turbin Savoinus [9]*



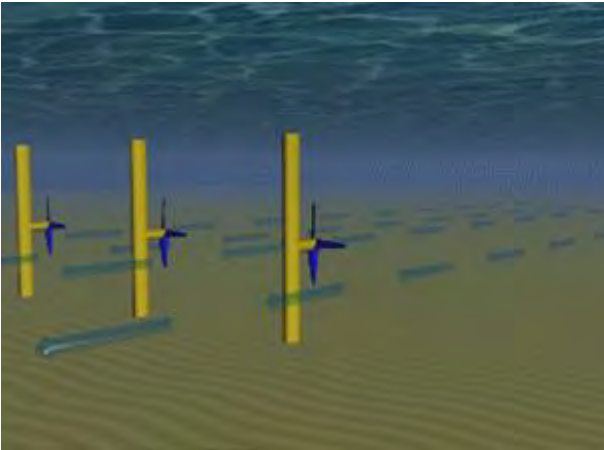
*Gambar.2.6 Turbin Darrieus [7]*



*Gambar.2.7 Turbin H Rotor [8]*

### 2.3.3.2 Turbin Arus Laut Horizontal Axis

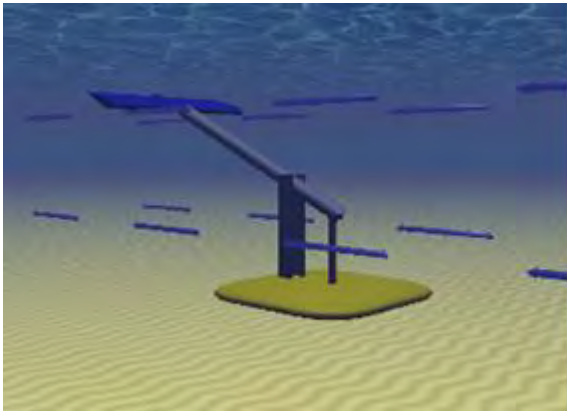
Turbin sumbu horisontal memanfaatkan energi dari air laut yang bergerak. Aliran arus laut yang menabrak blade turbin menyebabkan rotor berputar di sekitar sumbu horisontal dan menghasilkan tenaga. Gambar turbin dengan sumbu horizontal ditunjukkan oleh gambar 2.8



*Gambar.2.8 Turbin Arus Laut Sumbu Horizontal [10]*

### 2.3.4 Oscillating Hydrofoil

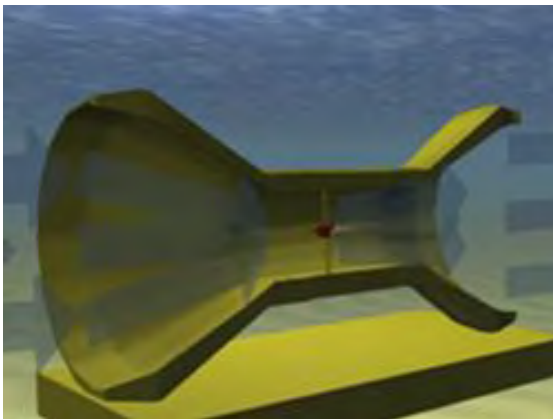
Oscillating Hydrofoil adalah Sebuah hidrofoil yang melekat ke lengan yang berosilasi. Arus pasang surut air laut yang mengalir pada kedua sisi sayap akan menghasilkan gaya angkat. Gerakan ini kemudian mendorong cairan dalam sistem hidrolis yang akan dikonversi menjadi listrik. Gambar Oscillating Hydrofoil ditunjukkan oleh gambar 2.9.



*Gambar.2.9 Oscillating Hydrofoil [10]*

### **2.3.5 Enclosed Type Ventury**

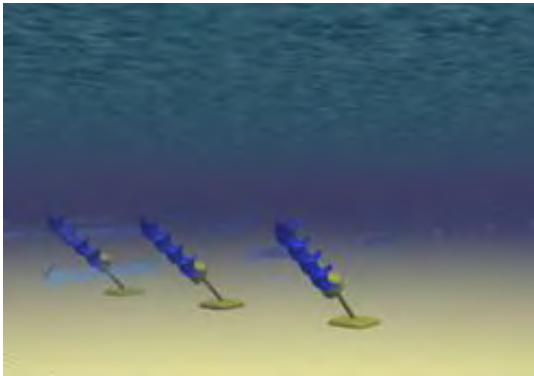
Perangkat Venturi adalah sebuah perangkat dalam saluran yang mengonsentrasikan aliran pasang surut melewati turbin. Aliran air dapat menggerakkan turbin secara langsung akibat perbedaan tekanan yang disebabkan dalam sistem tersebut sehingga dapat menggerakkan turbin.



*Gambar.2.10 Enclosed Type Ventury [10]*

### 2.3.6 Archimedes Screw

Archimedes Screw adalah sebuah alat berbentuk perangkat heliks ( permukaan heliks mengelilingi sebuah poros silinder pusat ) . Perangkat ini dapat menarik daya dari aliran pasang surut air laut yang bergerak naik melalui spiral yang kemudian memutar turbin. Gambar dari Archimedes Screw ditunjukkan oelh gambar 2.11 dibawah ini.



*Gambar.2.11 Archimedes Screw [10]*

### 2.3.7 Gorlov Turbin

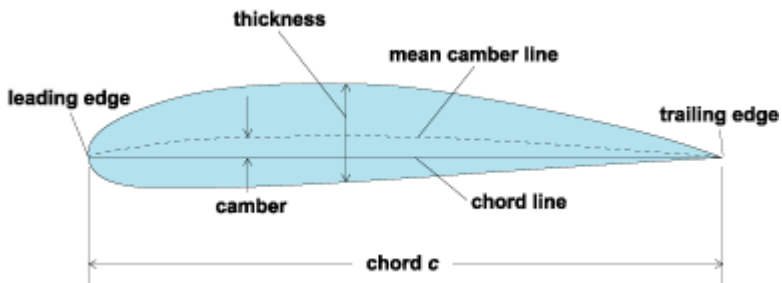
Turbin Gorlov merupakan turbin yang dikenalkan oleh Profesor M. Alexander Gorlov dari Northeastern University, yang dipatenkan pada September 1995 sebagai perkembangan bentuk turbin darrieus dengan mengubah helical pitch dari blade. Keuntungan turbin gorlov ini adalah [1]:

1. Efisiensi tinggi
2. Tidak timbul kavitasi
3. Dapat berputar pada aliran yang pelan
4. Tidak bergantung pada arah arus laut



## 2.4 Karakteristik Air Foil Aerodinamika

Airfoil adalah salah satu bentuk bodi aerodinamika sederhana yang berguna untuk dapat memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bodi lainnya. Dengan bantuan penyelesaian matematis sangat memungkinkan untuk memprediksi berapa besarnya gaya angkat yang dihasilkan oleh suatu bodi airfoil tersebut. Berdasarkan standar data NACA, airfoil tersebut mempunyai data-data teknis dari tiap bentuknya, yang ditunjukkan oleh gambar 2.12 dibawah ini[3].



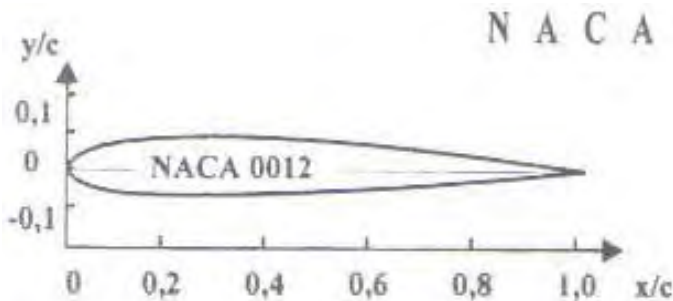
Gambar.2.12 NACA Airfoil [3]

Penampang melintang sebuah airfoil biasanya disebut penampang airfoil (airfoil section), sebuah pelat pipih yang diletakkan membentuk sudut lancip terhadap aliran udara sehingga menghasilkan gaya angkat (lift) juga disebut airfoil., tetapi airfoil yang tidak efisien. Airfoil yang efisien adalah airfoil yang penampangnya hamper seperti tetesan air. Berikut adalah bagian bagian dari airfoil:

- *Leading Edge*, adalah bagian yang paling depan dari sebuah airfoil
- *Trailing Edge*, adalah bagian paling belakang dari sebuah airfoil.
- *Chamber line*, adalah garis yang membagi sama besar antara permukaan atas dan permukaan bawah airfoil

- *Chord line*, adalah garis yang menghubungkan antara leading edge dan trailing edge
- *Chord*, adalah jarak antara leading edge dan trailing edge
- *Maximum chamber*, adalah jarak maksimum antara mean chamber line dan chord line.  
Posisi maksimum chamber diukur dari leading edge dalam bentuk persentase chord
- *Maximum thickness*, adalah jarak maksimum antara permukaan atas dan permukaan bawah yang diukur tegak lurus terhadap chord line.

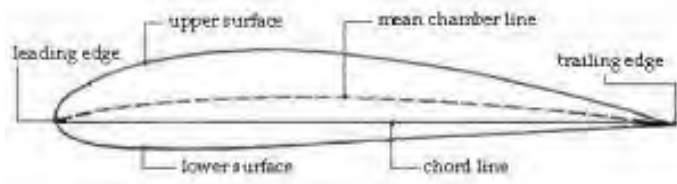
Airfoil yang bila dialiri udara dengan arah sejajar dengan tali busur (chord)nya, tidak bisa menghasilkan gaya angkat disebut juga airfoil simetris. Gambar airfoil simetris ditunjukkan oleh gambar 2.13 dibawah ini [5].



Gambar.2.13 Airfoil Simetris [5]

Airfoil simetris hanya akan menghasilkan gaya angkat bila aliran udara yang melewatinya (relative wind) membentuk sudut tajam dengan tali busur. Airfoil simetris biasa digunakan untuk horizontal stabilizer atau fin. Sedangkan airfoil yang tidak simetrisakan menghasilkan gaya angkat sekalipun arah aliran yang melewatinya sejajar dengan

tali busur. Gaya angkat timbul karena adanya perbedaan tekanan udara antara atas dan bawah airfoil. Kecepatan fluida dibawah lebih kecil daripada dibagian atas airfoil., sehingga tekanan bawah lebih besar daripada tekanan atas [5].



*Gambar.2.14 Airfoil Asimetris [5]*

## 2.5 Perhitungan Daya dan Putaran Turbin

Untuk mengetahui putaran turbin arus laut ini akan disimulasikan dengan bantuan software ANSYS. Dengan mendapatkan nilai daya dan torsi pada turbin arus laut tersebut maka besarnya putaran turbin arus laut dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = T \cdot \omega$$

Dimana :

$P$  = Daya pada Turbin (Watt)

$T$  = Torsi pada turbin arus laut (Nm)

$\omega$  = Putaran turbin arus laut (Rad/s)

## 2.6 Kelebihan dan Kekurangan Turbin Arus Laut

Arus laut merupakan energi yang terbarukan dan bersifat tak terbatas. Meskipun menghasilkan beberapa kelebihan, energy yang dihasilkan oleh arus laut tersebut juga memiliki beberapa kekurangan. Berikut ini adalah kelebihan dan kekurangan dari energy arus laut [4] :

1. Massa jenis dari air laut kali lebih besar daripada massa jenis udara, sehingga energy yang dihasilkan turbin arus laut lebih besar daripada energy yang dihasilkan oleh turbin angin.
2. Tidak menghasilkan gas buang seperti pada mesin yang menggunakan bahan bakar fosil, sehingga tidak menimbulkan polusi.
3. Tingkat kecepatan arus laut dapat diprediksi, sehingga dapat dipilih daerah yang sangat sesuai untuk dibangun pembangkit listrik tenaga arus laut.
4. Bersifat tak terbatas, sehingga tidak perlu biaya untuk bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga arus laut.

Selain kelebihan yang dimiliki oleh energi arus laut di atas, ada juga beberapa kekurangan dari pemanfaatan energi yang berasal dari arus laut. Berikut ini adalah beberapa kekurangan dari energi arus laut, yaitu :

1. Biaya pembuatan yang diperlukan untuk membuat pembangkit listrik tenaga arus laut ini sangat mahal.
2. Tidak dapat disesuaikan dengan permintaan energy, meskipun arus laut dapat diprediksikan

3. Memerlukan media penyimpanan energy untuk menyimpan energy yang dihasilkan oleh turbin arus laut
4. Dapat mengganggu ekosistem di sekitar daerah yang dibangun pembangkit listrik tenaga arus laut

## 2.7 Computational Fluid Dynamics (CFD)

*Computational Fluid Dynamics* (CFD) merupakan modeling yang secara umum digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. CFD digunakan untuk perhitungan yang dibutuhkan untuk mensimulasikan interaksi fluida dengan permukaan benda (*boundary condition*). CFD berawal apada tahun 1960-an dan berkembang sampai sekarang. Pemakaian CFD secara umum dipakai untuk memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, perubahan fase, reaksi kimia dan tegangan pada permukaan benda solid.

Pada proses simulasi terdapat tiga tahap yang harus dilakukan, yaitu :pre-processing, solving dan post processing.

- Pre-processing merupakan proses memasukkan data masukan (input data) yang selanjutnya akan dilakukan proses solving. Proses ini meliputi :
  - a) Pendefinisian kondisi batas – batas (boundary) dari geometry
  - b) Penentuan domain – domain
  - c) Pemilihan jenis fluida yang akan dianalisa

- Solving merupakan proses menghitung dari data masukan yang telah diberikan dengan metode numeric solver, dimana dibedakan menjadi beberapa macam yaitu :
  - Finite difference method
  - Finite elements method
  - Finite volume method
  - Boundary element method
- Post processing merupakan tahap simulasi dimana menginterpretasikan kondisi – kondisi yang telah dibuat.

*halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB III METODOLOGI**

Metode yang digunakan untuk penelitian tugas akhir dengan judul analisa putaran dan torsi turbin arus laut akibat pengaruh variasi diameter dan jumlah blade adalah dengan cara mendesain turbin arus laut dengan *software cfd* kemudian mensimulasikan desain tersebut untuk memperoleh putaran dan torsi yang maksimal. Pada metodologi ini akan menjelaskan tentang proses pengerjaan Tugas Akhir ini mulai dari pembuatan desain *turbin arus laut* hingga desain tersebut dapat diterima dengan beberapa pertimbangan. Pertimbangan-pertimbangan tersebut diantaranya adalah didapatkannya putaran, torsi dan daya dari turbin arus yang optimal. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

### **3.1. Identifikasi & Perumusan Masalah**

Identifikasi dan Perumusan masalah merupakan tahap untuk memulai mengidentifikasi perumusan masalah yang harus dipecahkan, penetapan tujuan dibuatnya penelitian dan yang terakhir adalah penetapan batasan masalah dan asumsi yang berlaku pada penelitian ini.

### **3.2. Studi Literatur**

Studi Literatur merupakan tahap pencarian referensi untuk dijadikan acuan dalam pengerjaan tugas akhir. Referensi tersebut haruslah berkaitan dengan tema dan pengerjaan tugas akhir ini. Berikut ini adalah referensi yang digunakan untuk tugas akhir ini :

- a) Buku
- b) Tugas akhir
- c) Jurnal dan Paper
- d) Materi dari internet



- e) Saran dari dosen pembimbing

### **3.3. Pengumpulan Data**

Pengumpulan Data merupakan tahap dimana mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini , adapun data yang dibutuhkan yaitu karakteristik kecepatan arus laut, karakteristik turbin laut dan sesuatu yang berhubungan energy laut.

### **3.4. Perhitungan Diameter dan Jumlah Blade**

Pada tahap ini akan dilakukan penentuan variasi diameter dan jumlah blade dari turbin arus laut yang akan dirancang. Diameter yang divariasikan adalah 2m, 2.5m dan 3m. Sedangkan jumlah blade yang divariasikan adalah 8, 10 dan 12.

### **3.5. Pembuatan Model**

Pada tahap ini dilakukan penggambaran model turbin arus laut sesuai dengan variasi dan jumlah blade dengan menggunakan bantuan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) yaitu dengan software Ansys.

### **3.6. Simulasi**

Setelah penggambaran model selesai, model tersebut disimulasikan dengan menggunakan software cfd Ansys untuk mengetahui putaran dan torsi turbin arus laut yang optimal

### **3.7. Pengolahan data**

Pada tahap ini dilakukan analisa data dari simulasi yang telah dilakukan dengan program aplikasi Ansys. Adapun yang dianalisa pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a) Putaran turbin laut akibat pengaruh variasi diameter dan jumlah blade
- b) Torsi turbin laut akibat pengaruh variasi diameter dan jumlah blade
- c) Power turbin arus laut akibat pengaruh variasi diameter dan jumlah blade

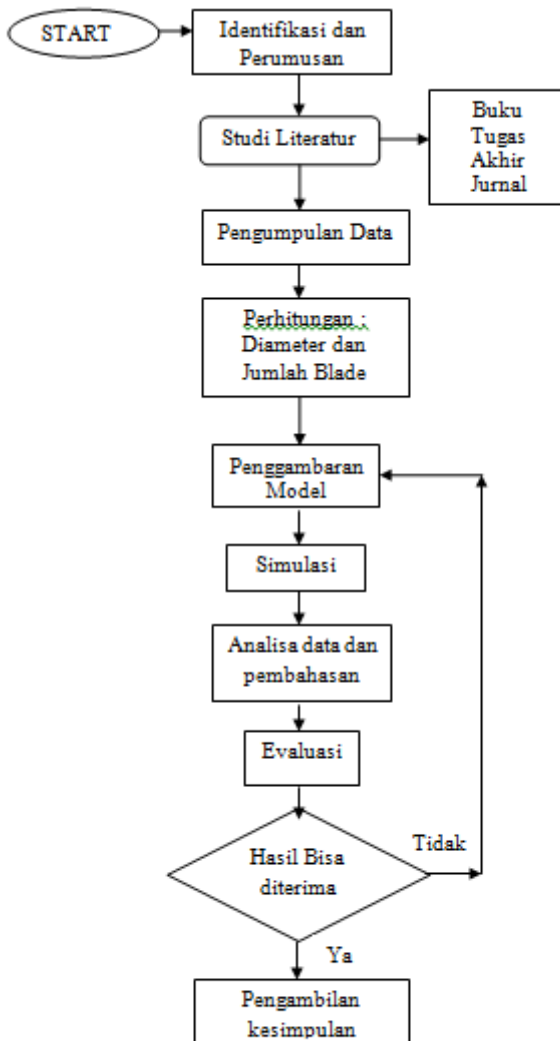
### **3.8. Evaluasi**

Setelah dilakukan Analisa data dan pembahasan, maka perlu dilakukan evaluasi. Evaluasi merupakan tahap untuk menentukan layak diterima atau tidak hasil tugas akhir ini. Apabila belum bisa diterima akan diulang lagi pembuatan model dan analisa data yang sudah dilakukan.

### **3.9. Kesimpulan**

Apabila hasil dari tahap perhitungan dan analisa data sudah dapat diterima, maka langsung dilakukan pengambilan kesimpulan terkait tugas akhir ini.

### 3.10 Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3.1. Bagan Flowchart metodologi

*halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Umum**

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai tahap – tahap penyelesaian tugas akhir yang berjudul analisa putaran dan torsi turbin arus laut akibat pengaruh variasi jumlah blade dan diameter. Penjelasan dimulai dari tahap pembuatan model turbin arus laut menggunakan CFD hingga perhitungan torsi, putaran dan daya turbin arus laut tersebut.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini diameter turbin yang divariasikan adalah 2m, 2.5m dan 3m. Setiap model turbin tersebut juga divariasikan jumlah blade dan sudut pitnya. Jumlah blade yang divariasikan adalah 8, 10 dan 12. Sedangkan sudut pitch yang divariasikan adalah 15°, 20° dan 25°.

##### **4.1.1 Perhitungan NACA 0015**

Dalam penggambaran turbin arus laut pada tugas akhir ini digunakan model NACA 0015 sebagai foil dari blade turbin yang dimodelkan. Naca 0015 merupakan modifikasi dari NACA airfoil four series. Koordinat – koordinat profilnya didapatkan dari persamaan sebagai berikut :

$$y = \frac{t}{0.20} \left[ 0.2969 \times \sqrt{\frac{x}{c}} - 0.1260 \left( \frac{x}{c} \right) - 0.3516 \left( \frac{x}{c} \right)^2 + 0.2843 \left( \frac{x}{c} \right)^3 - 0.1015 \left( \frac{x}{c} \right)^4 \right]$$

Keterangan :

- c : Panjang chord ( m )
- x : Koordinat Panjang antara 0 – c (m)
- y : nilai setengah ordinat dari setiap x (m)
- t : Maximum thickness dari model NACA  
(dua digit terakhir dari type NACA)

Berdasarkan persamaan tersebut didapat nilai disetiap koordinat sesuai dengan panjang cord yang didesain. Berikut ini adalah koordinat cord turbin yang didesain yang ditunjukkan oleh tabel 4.1.

Tabel 4.1 Koordinat Chord

**Chord 1**

%c	X (m)	Y (m)
0.50%	0.0035	0.010687
1.25%	0.00875	0.016572
2.50%	0.0175	0.022879
5%	0.035	0.031103
7.50%	0.0525	0.036749
10%	0.07	0.040974
15%	0.105	0.04677
20%	0.14	0.050204
25%	0.175	0.051986
30%	0.21	0.052515
40%	0.28	0.050776
50%	0.35	0.046323
60%	0.42	0.039929
70%	0.49	0.032059
80%	0.56	0.022952
90%	0.63	0.012668
95%	0.665	0.007057
100%	0.7	0.001102

**Chord 2**

%c	X (m)	Y (m)
0.50%	0.00175	0.005343
1.25%	0.004375	0.008286
2.50%	0.00875	0.011439
5%	0.0175	0.015552
7.50%	0.02625	0.018375
10%	0.035	0.020487
15%	0.0525	0.023385
20%	0.07	0.025102
25%	0.0875	0.025993
30%	0.105	0.026258
40%	0.14	0.025388
50%	0.175	0.023161
60%	0.21	0.019965
70%	0.245	0.01603
80%	0.28	0.011476
90%	0.315	0.006334
95%	0.3325	0.003529
100%	0.35	0.000551

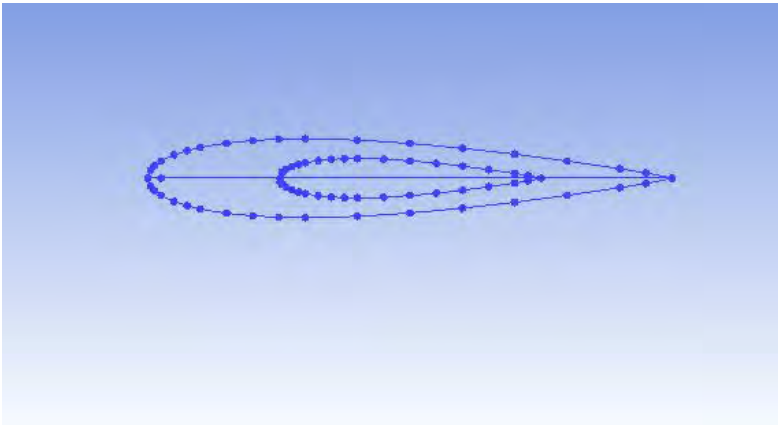
Keterangan:

C: Panjang chord (m)

Y: Tinggi setengah ordinat disetiap panjang cord tertentu (m)

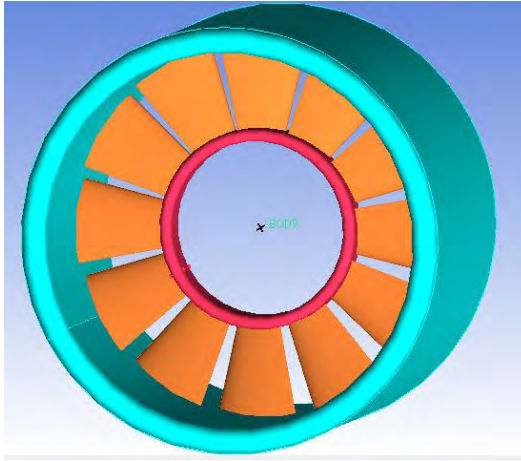
#### 4.1.2 Penggambaran model

Pada tahap ini, setiap koordinat dari perhitungan NACA air foil digambarkan pada Ansys Icem sesuai dengan variasi yang telah ditentukan. Langkah pertama adalah membuat titik – titik koordinat dimensi blade turbin arus laut sesuai dengan variasi yang ada. Gambar dari hasil pembuatan koordinat blade turbin arus laut dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



*Gambar 4.1 Koordinat Model Turbin Arus Laut*

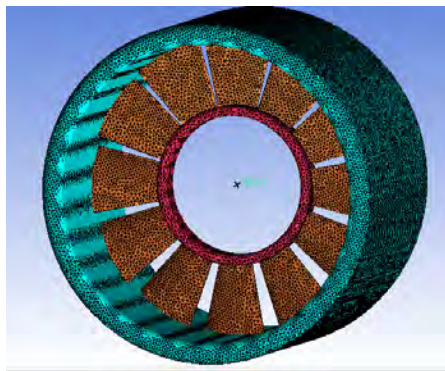
Selanjutnya titik – titik koordinat dihubungkan menjadi surface dan dibagi menjadi beberapa part. Part tersebut diberi nama sesuai dengan parameter yang akan dianalisa. Model turbin arus laut yang akan dianalisa pada tugas akhir ini ditunjukkan oleh gambar 4.2 dibawah ini.



*Gambar 4.2 Model Turbin Arus Laut*

#### **4.1.3 Meshing**

Setelah penggambaran model selesai, langkah selanjutnya adalah meshing. Pada tahap meshing ini, bagian – bagian yang detail seperti blade turbin memerlukan meshing yang lebih halus dan spesifik dengan cara memberikan factor meshing yang lebih kecil daripada bagian yang lain. Sedangkan pada bagian – bagian yang lain cukup diberikan faktor meshing yang tidak begitu kecil. Setelah proses meshing selesai, tahap selanjutnya adalah menyimpan file dalam bentuk ansys cfx. Gambar 4.3 adalah hasil proses meshing pada model yang telah dibuat .

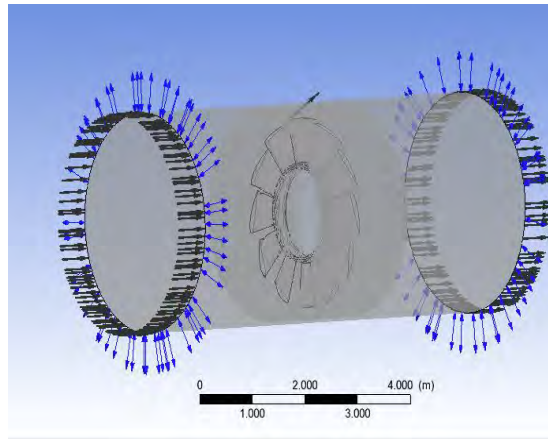


*Gambar 4.3 Meshing*



#### 4.1.4 Simulasi Model

Cfx pre merupakan langkah lanjut dari simulasi yang menggunakan ansys icem dalam tahap pembuatan model. Dalam cfx pre ini akan diberikan parameter – parameter yang sudah ditentukan terlebih dahulu sesuai dengan fungsi masing – masing bagian sebelum proses simulasi. Pada tahap ini yang harus dilakukan adalah membuat domain 1 yang mempunyai karakteristik stationary dan terdiri dari subdomain inlet, outlet, wall, blade, open, dan duct. Gambar dari proses cfx pre dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini.



*Gambar 4.4 Model pada Ansys cfx pre*

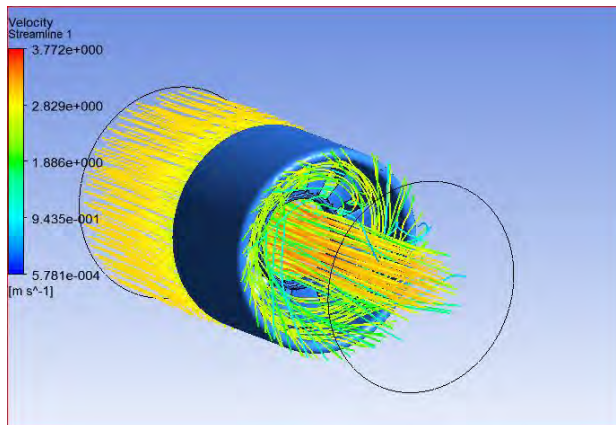
Setelah memberikan definisi pada setiap bagian model kemudian dilakukan proses solver manager yang berfungsi untuk mensimulasikan dan membaca database yang telah ditentukan pada langkah cfx pre. Hal ini yang perlu diperhatikan adalah iterasi yang dilakukan untuk mendapatkan hasil yang baik. Dari hasil running solver manager dapat dibaca pada cfd post dengan file format (.res) yang merupakan tahap akhir dari proses simulasi model ini. Disini didapatkan data berupa nilai angka nominal

pada menu function calculator, animasi serta contour pressure dari model turbin yang telah dibuat.

Dari hasil running dapat dibaca pada CFX-Post dengan file ekstensi \*.cst. Langkah akhir dari rangkaian proses simulasi adalah post. Proses post adalah tahapan yang mana file result dari solver divisualisasikan melalui gambar dan animasi berupa tampilan video dan sebagainya. Data yang dibutuhkan akan didapatkan baik secara visual maupun nominal.

#### 4.1.5 Hasil Simulasi Model

Dari model – model yang disimulasikan akan diperoleh data berupa nilai dari laju aliran masa ( $\text{kg/s}$ ), torsi ( $\text{Nm}$ ), kecepatan ( $\text{m/s}$ ) pada setiap model turbin yang telah dibuat. Terdapat 27 model dan 5 variasi kecepatan aliran arus laut. Data – data tersebut akan digunakan untuk analisa putaran dan torsi turbin arus laut akibat variasi diameter dan jumlah blade. Hasil simulasi tersebut berupa kontur tekanan dan aliran pada setiap model turbin yang telah dibuat. Gambar 4.5 menunjukkan aliran streamline pada model yang dianalisa.



*Gambar 4.5 Hasil Simulasi*

#### 4.1.5 Perhitungan

Dari hasil simulasi yang dilakukan, akan didapatkan beberapa variable yang digunakan untuk menghitung putaran turbin arus laut dengan persamaan berikut :

$$P_{in} = P_{turbin} + P_{out}$$

$$\frac{1}{2} \dot{m}_{in} v^2 = P_{turbin} + \frac{1}{2} \dot{m}_{out} v^2$$

$$\frac{1}{2} \dot{m}_{in} v^2 = T \cdot \omega + \frac{1}{2} \dot{m}_{out} v^2$$

Sebagai contoh perhitungan adalah hasil dari simulasi dari model D3-B8-Pitch 15. Dari hasil simulasi didapatkan :

$$\dot{m}_{in} : 28758,1 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{out} : 28758,1 \text{ kg/s}$$

$$T : 3312,5 \text{ Nm}$$

$$V_{in} : 3 \text{ m/s}$$

$$V_{out} : 1,67 \text{ m/s}$$

$$P_{in} = P_{turbin} + P_{out}$$

$$\frac{1}{2} \dot{m}_{in} v^2 = T \cdot \omega + \frac{1}{2} \dot{m}_{out} v^2$$

$$\frac{1}{2} \times 28758,1 \times 3^2 = P_{\text{Turbin}} + \frac{1}{2} \times 28758,1 \times 1,67^2$$

$$129411,5 = P_{\text{Turbin}} + 26869,97$$

$$P_{\text{Turbin}} = 129411,5 - 26869,97$$

$$P_{\text{Turbin}} = 102541,5 \text{ Watt}$$

Berdasarkan penelitian yang ada daya yang dimanfaatkan oleh turbin arus laut sekitar 0.4 dari daya turbin tersebut. Atau bisa dikatakan  $C_p$  dari turbin arus laut tersebut adalah 0.4.

$$P_{\text{Turbin}} = C_p \times P_{\text{turbin}}$$

$$P_{\text{Turbin}} = 0.4 \times 102541,5 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{Turbin}} = 41016.59 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{Turbin}} = T \cdot \omega$$

$$\omega = P_{\text{Turbin}} / T$$

$$\omega = 41016.59 / 3312.5$$

$$\omega = 12.38 \text{ rad/s} = 118.25 \text{ rpm}$$

Dengan cara yang sama, maka nilai putaran dan daya dari setiap model variasi dapat diketahui. Berikut ini adalah hasil perhitungan dari model D3-B10-Pitch15.

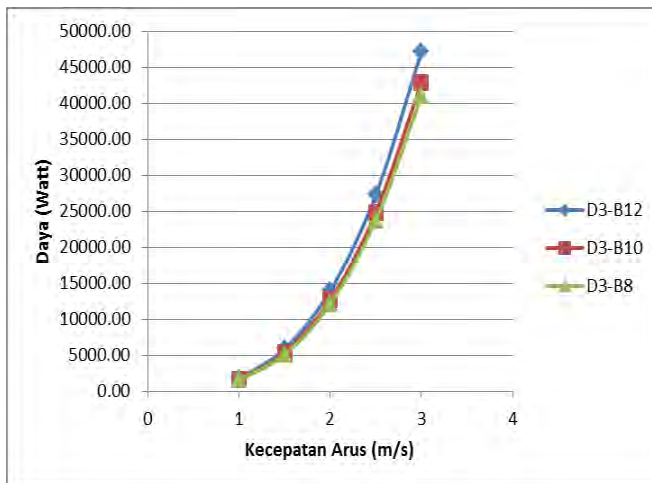
No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (Watt)
1	3	28758.1	28758.1	3312.5	1.37	118.25	41016.59
2	2.5	23965.1	23965.1	2322.18	1.14	97.70	23755.75
3	2	19172.1	19172.1	1512.44	0.91	76.93	12183.30
4	1.5	14379.1	14379.1	882.97	0.68	55.69	5148.63
5	1	9586.05	9586.05	574.42	0.42	26.38	1587.02

## 4.2 Pembahasan

Pada sub bab ini akan menjelaskan mengenai hasil simulasi dari setiap model yang dibuat. Hasil tersebut diwujudkan dalam sebuah grafik.

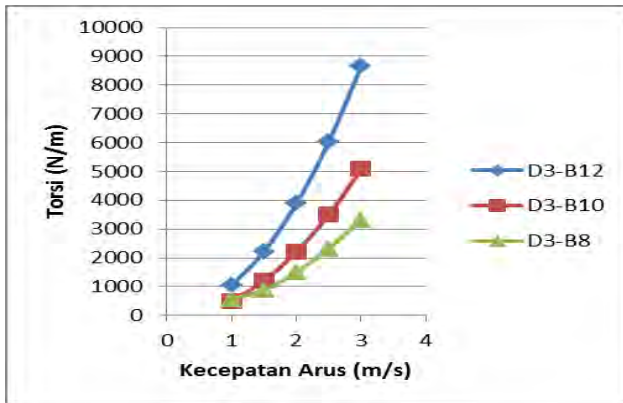
### 4.2.1 Pembahasan pada model Turbin dengan Pitch 15°

Pada sub bab ini akan membahas mengenai hasil dari simulasi turbin dengan pitch 15°. Pada model ini juga divariasikan jumlah blade dan diameter sesuai dengan variasi yang telah ditentukan .



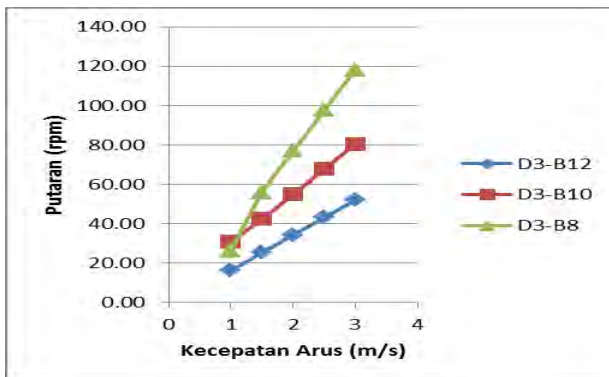
Gambar 4.6 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya

Gambar 4.6 diatas menunjukkan grafik daya yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 3m dan pitch 15°. Daya turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 12. Besarnya daya turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin beserta jumlah blade.



Gambar 4.7 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi

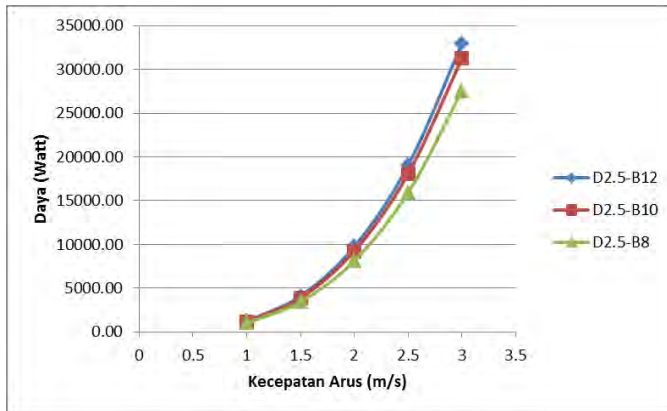
Gambar 4.7 diatas menunjukkan grafik torsi yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 3m dan pitch  $15^\circ$ . Torsi turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 12. Besarnya torsi turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin beserta jumlah blade.



Gambar 4.8 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran

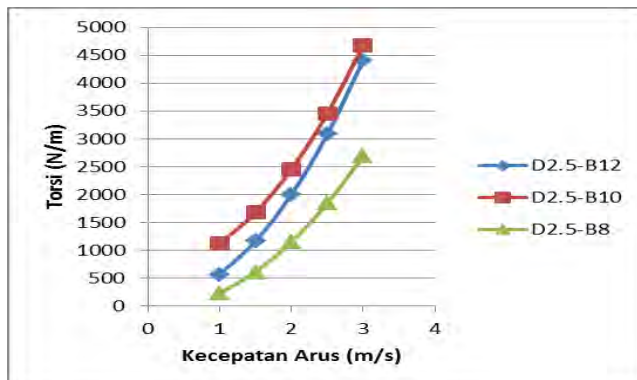
Gambar 4.8 diatas menunjukkan grafik putaran yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 3m dan pitch  $15^\circ$ . Putaran turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan

jumlah blade 8. Besarnya putaran turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin dan berbanding terbalik dengan jumlah blade.



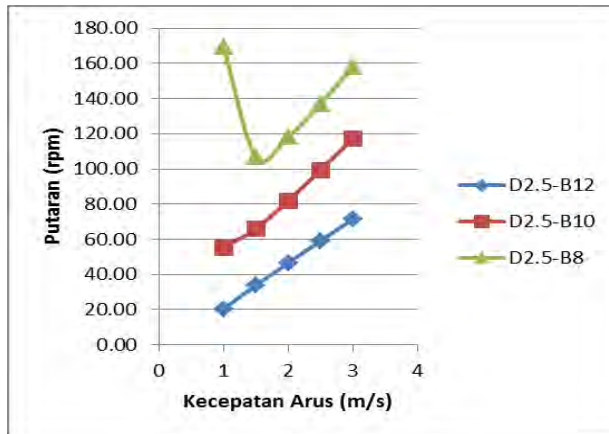
Gambar 4.9 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya

Gambar 4.9 diatas menunjukkan grafik daya yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2.5m dan pitch 15°. Daya turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 12. Besarnya daya turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin beserta jumlah blade.



Gambar 4.10 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi

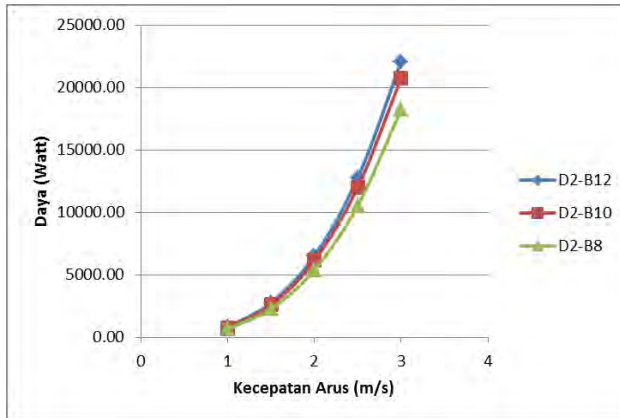
Gambar 4.10 diatas menunjukkan grafik torsi yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2.5m dan pitch  $15^\circ$ . Torsi turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 12. Besarnya torsi turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin beserta jumlah blade.



Gambar 4.11 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran

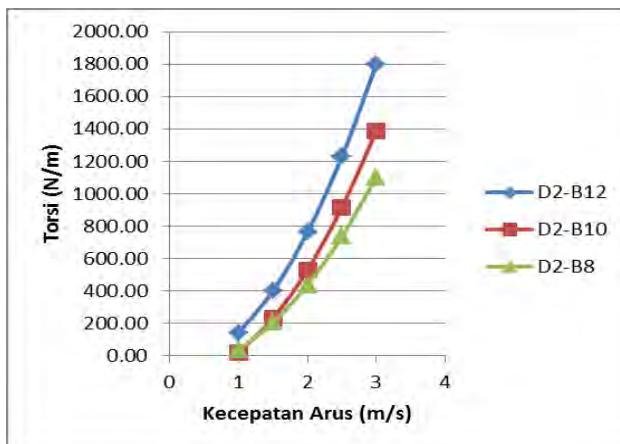
Gambar 4.11 diatas menunjukkan grafik putaran yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2.5m dan pitch  $15^\circ$ . Putaran turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 8. Besarnya putaran turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin dan berbanding terbalik dengan jumlah blade. Pada turbin dengan blade 8 terjadi penurunan putaran pada saat kecepatan arus 1.5 m/s.





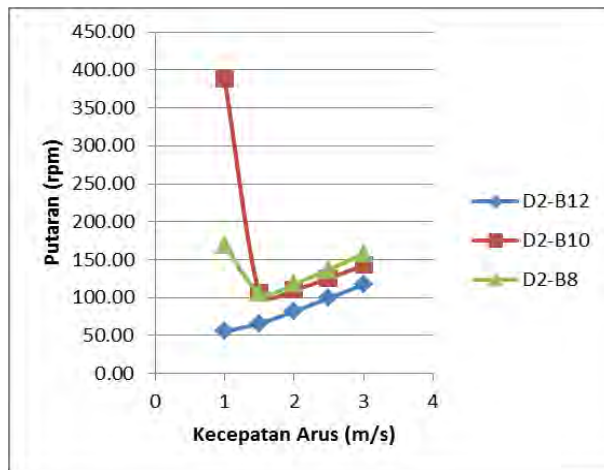
*Gambar 4.12 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya*

Gambar 4.12 diatas menunjukkan grafik daya yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2m dan pitch  $15^\circ$ . Daya turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 12. Besarnya daya turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin beserta jumlah blade.



*Gambar 4.13 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi*

Gambar 4.13 diatas menunjukkan grafik torsi yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2m dan pitch  $15^\circ$ . Torsi turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 12. Besarnya torsi turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin beserta jumlah blade

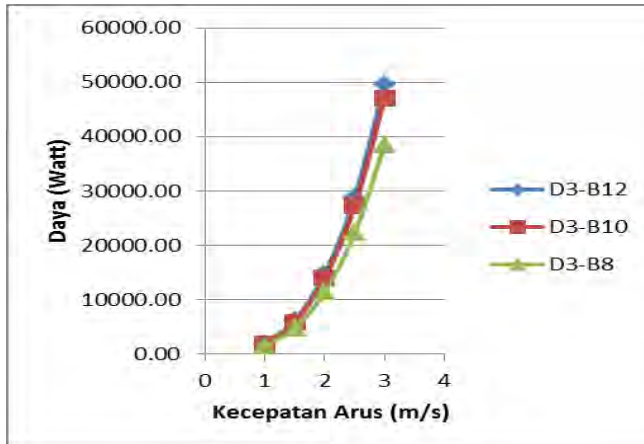


Gambar 4.14 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran

Gambar 4.14 diatas menunjukkan grafik putaran yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2m dan pitch  $15^\circ$ . Putaran turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 8. Besarnya putaran turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin dan berbanding terbalik dengan jumlah blade. Pada turbin dengan blade 8 terjadi penurunan putaran pada saat kecepatan arus 1.5 m/s. Pada grafik tersebut terjadi penyimpangan data pada turbin dengan jumlah blade 8 dan 10 ketika kecepatan arus 1m/s.

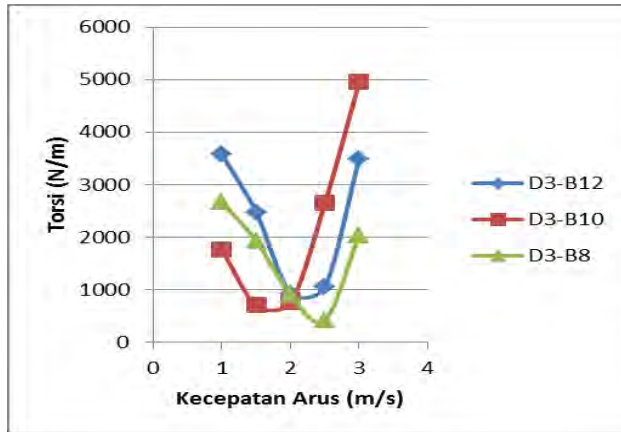
#### 4.2.2 Pembahasan pada model Turbin dengan Pitch 20°

Pada sub bab ini akan membahas mengenai hasil dari simulasi turbin dengan pitch 20°. Pada model ini juga divariasikan jumlah blade dan diameter sesuai dengan variasi yang telah ditentukan .



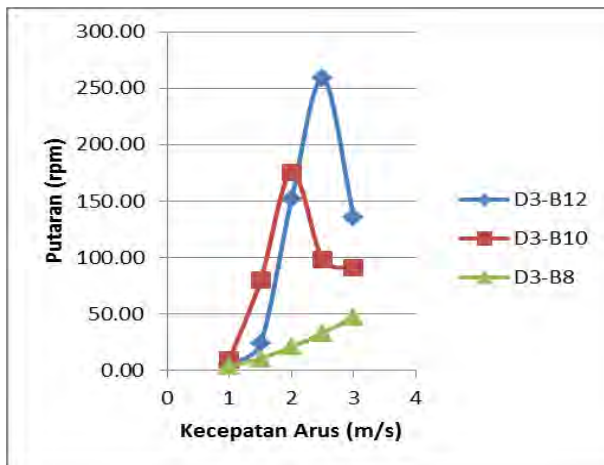
Gambar 4.15 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya

Gambar 4.15 diatas menunjukkan grafik daya yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 3m dan pitch 20°. Daya turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 12. Besarnya daya turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin beserta jumlah blade.



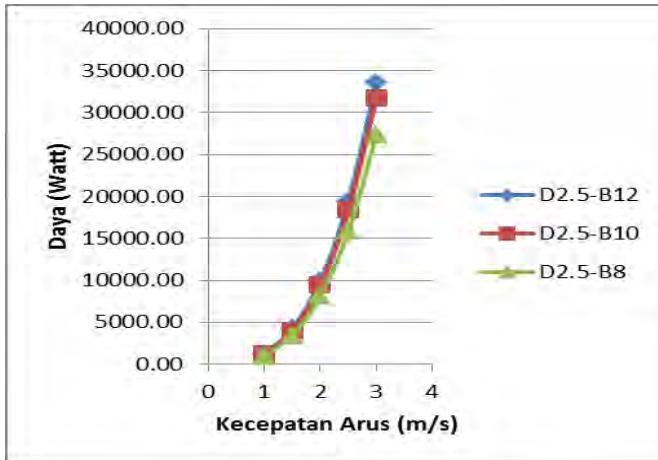
Gambar 4.16 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi

Gambar 4.16 diatas menunjukkan grafik torsi yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 3m dan pitch  $20^\circ$ . Torsi turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 10. Pada grafik tersebut terjadi penurunan dan kenaikan nilai torsi di setiap model turbin yang dibuat.



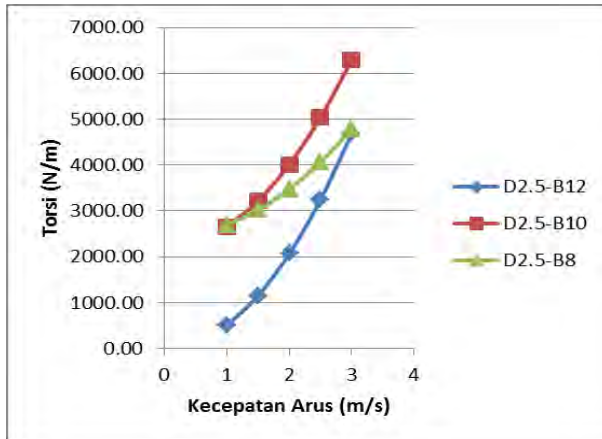
Gambar 4.17 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran

Gambar 4.17 diatas menunjukkan grafik putaran yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 3m dan pitch  $20^\circ$ . Pada turbin dengan jumlah blade 10 dan 12 terjadi kenaikan dan penurunan nilai putaran. Sedangkan pada turbin dengan jumlah blade 8 menunjukkan nilai kenaikan putaran pada setiap penambahan kecepatan arus.



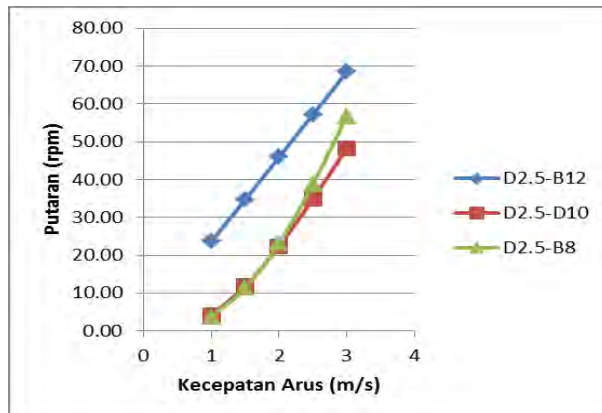
Gambar 4.18 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya

Gambar 4.18 diatas menunjukkan grafik daya yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2.5m dan pitch  $20^\circ$ . Daya turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 12. Besarnya daya turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin beserta jumlah blade.



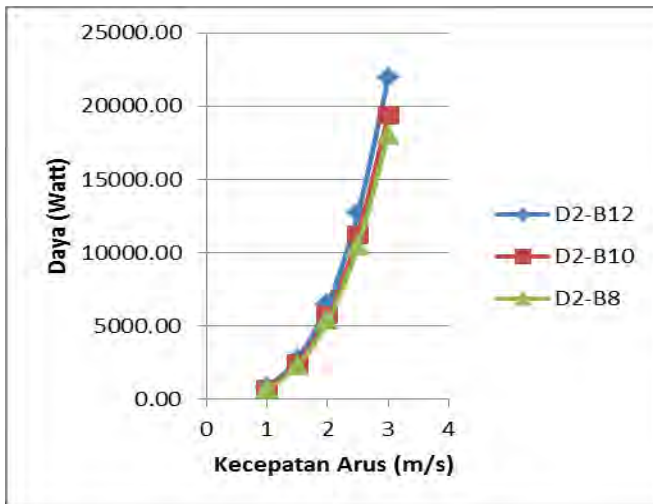
Gambar 4.19 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi

Gambar 4.19 diatas menunjukkan torsi yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2.5m dan pitch 20°. Torsi turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 10. Pada grafik tersebut besarnya torsi turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin.



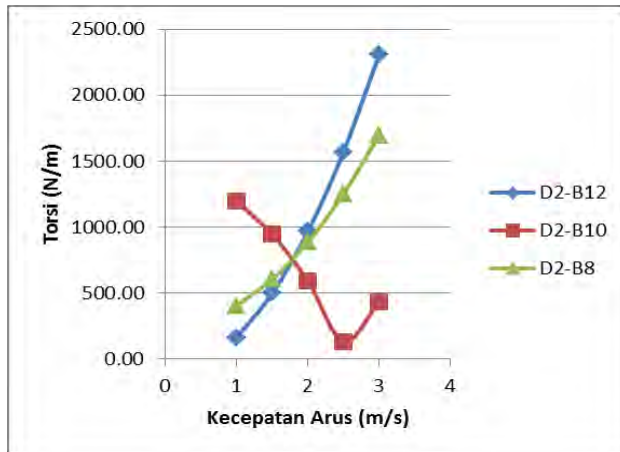
Gambar 4.20 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran

Gambar 4.20 diatas menunjukkan grafik putaran yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2.5m dan pitch  $20^\circ$ . Nilai putaran turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 12. Besarnya putaran turbin berbanding lurus dengan jumlah blade.



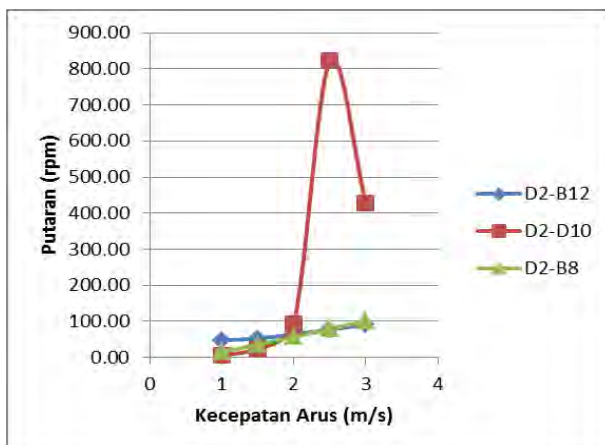
*Gambar 4.21 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya*

Gambar 4.21 diatas menunjukkan grafik daya yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2m dan pitch  $20^\circ$ . Daya turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 12. Besarnya daya turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin beserta jumlah blade.



Gambar 4.22 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi

Gambar 4.22 diatas menunjukkan grafik torsi yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2m dan pitch  $20^\circ$ . Torsi turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 12. Pada grafik tersebut besarnya torsi turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin.



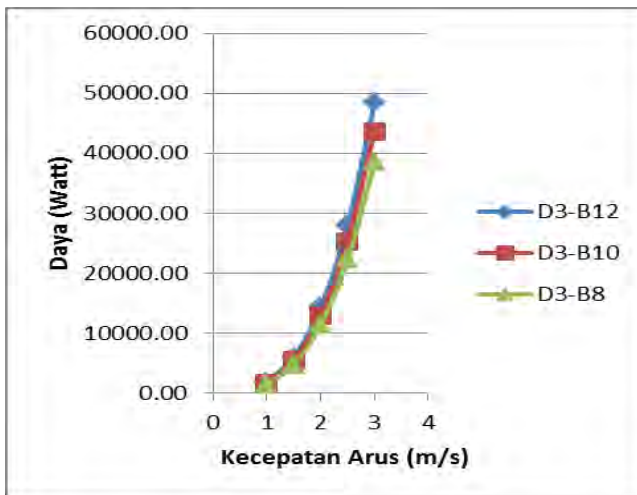
Gambar 4.23 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran



Gambar 4.23 diatas menunjukkan grafik putaran yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2m dan pitch 20°. Nilai putaran turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 8. Besarnya putaran turbin berbanding terbalik dengan jumlah blade. Pada grafik tersebut terjadi kenaikan dan penurunan nilai putaran pada turbin dengan jumlah blade 10.

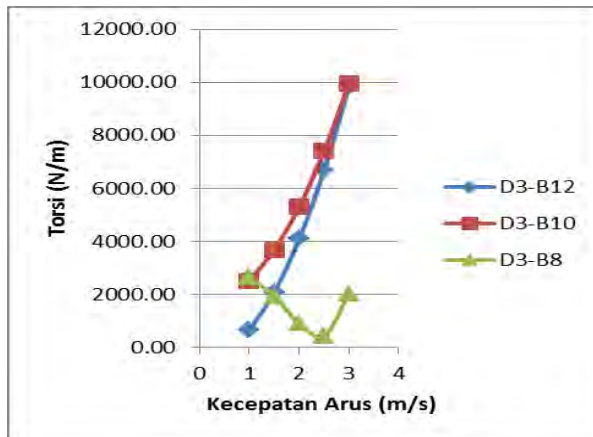
#### 4.2.3 Pembahasan pada model Turbin dengan Pitch 25°

Pada sub bab ini akan membahas mengenai hasil dari simulasi turbin dengan pitch 25°. Pada model ini juga divariasikan jumlah blade dan diameter sesuai dengan variasi yang telah ditentukan .



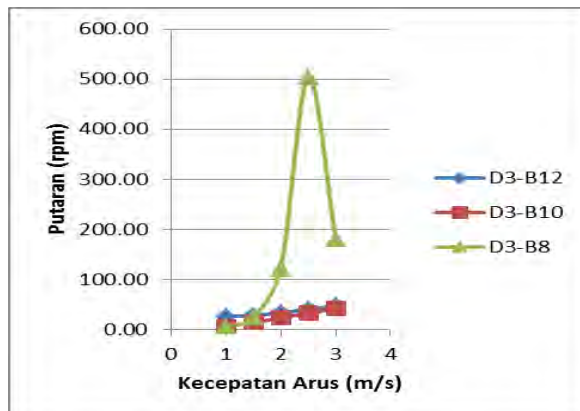
Gambar.4.24 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya

Gambar 4.24 diatas menunjukkan grafik daya yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 3m dan pitch 25°. Daya turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 12. Besarnya daya turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin beserta jumlah blade.



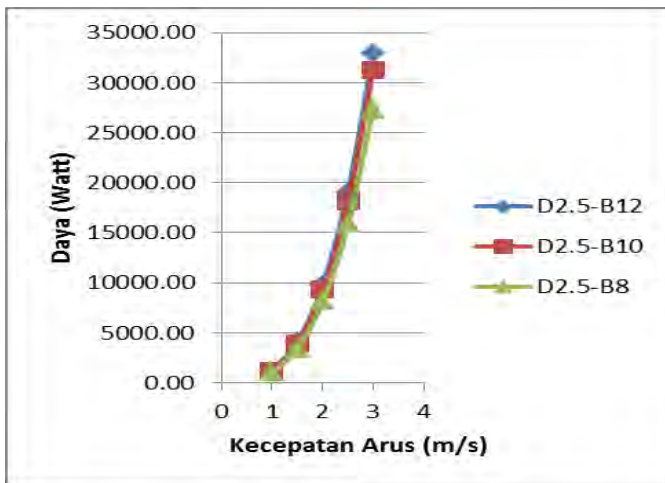
Gambar 4.25 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi

Gambar 4.25 diatas menunjukkan grafik torsi yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 3m dan pitch 25°. Torsi turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 12. Pada grafik tersebut besarnya torsi turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin. Pada turbin dengan jumlah blade 8 terjadi penurunan nilai torsi di setiap kecepatan arus.



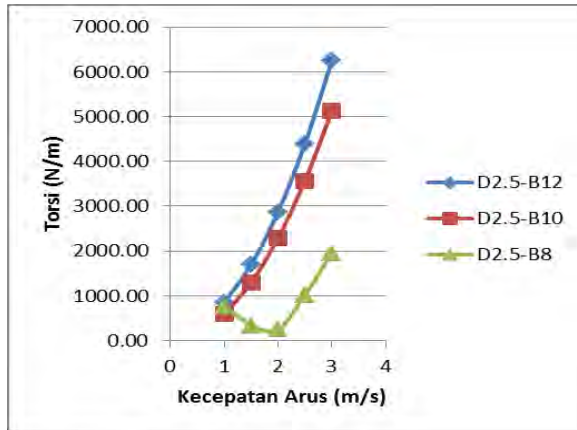
Gambar 4.26 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran

Gambar 4.26 diatas menunjukkan grafik putaran yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 3m dan pitch 50°. Nilai putaran turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 8. Besarnya putaran turbin berbanding terbalik dengan jumlah blade. Pada grafik tersebut terjadi kenaikan dan penurunan nilai putaran pada turbin dengan jumlah blade 8.



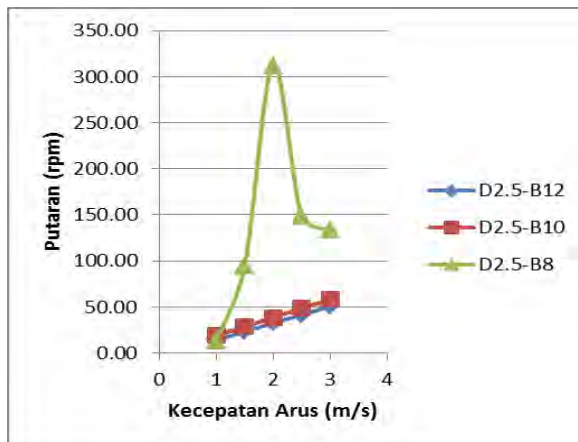
Gambar 4.27 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya

Gambar 4.27 diatas menunjukkan grafik daya yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2.5m dan pitch 25°. Daya turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 12. Besarnya daya turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin beserta jumlah blade.



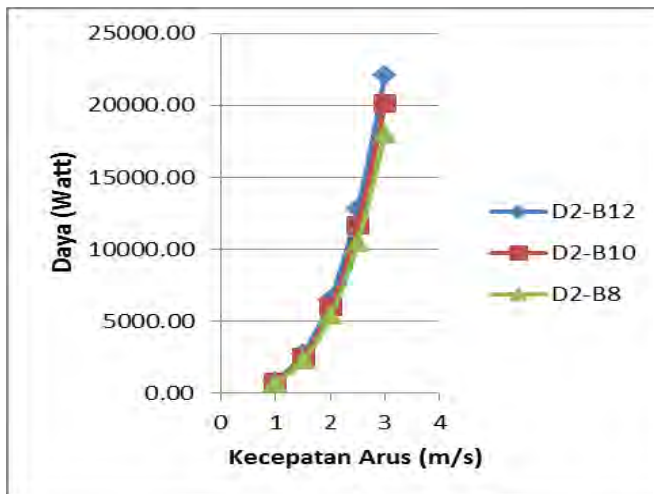
Gambar 4.28 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi

Gambar 4.28 diatas menunjukkan grafik torsi yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2.5m dan pitch 25°. Torsi turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 12. Pada grafik tersebut besarnya torsi turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin dan jumlah blade. Pada turbin dengan jumlah blade 8 terjadi penurunan nilai torsi.



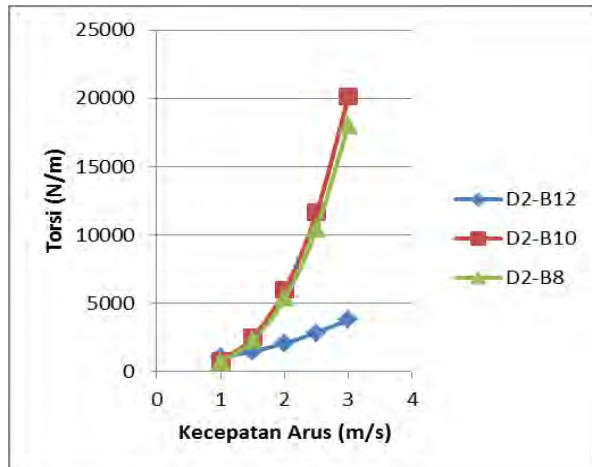
Gambar 4.29 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran

Gambar 4.29 diatas menunjukkan grafik putaran yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2.5m dan pitch 50°. Nilai putaran turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 8. Besarnya putaran turbin berbanding terbalik dengan jumlah blade. Pada grafik tersebut terjadi kenaikan dan penurunan nilai putaran pada turbin dengan jumlah blade 8.



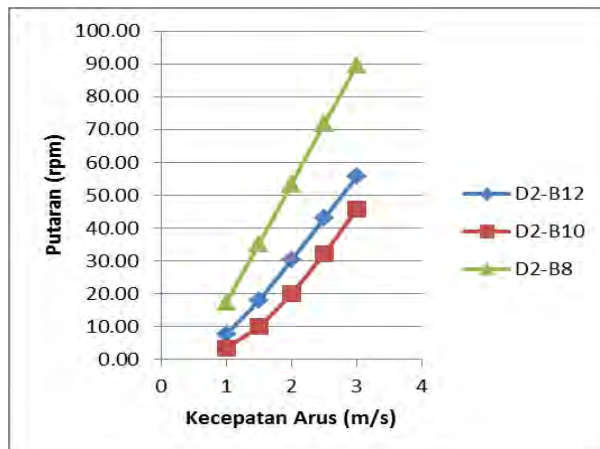
Gambar 4.30 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya

Gambar 4.30 diatas menunjukkan grafik daya yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2m dan pitch 25°. Daya turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 12. Besarnya daya turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin beserta jumlah blade.



Gambar 4.31 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Torsi

Gambar 4.31 diatas menunjukkan grafik torsi yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2m dan pitch  $25^\circ$ . Torsi turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 10. Pada grafik tersebut besarnya torsi turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak turbin dan jumlah blade.

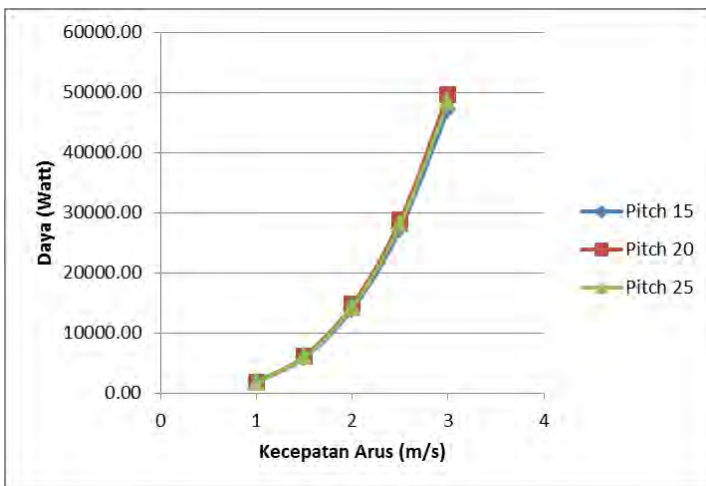


Gambar 4.32 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Putaran

Gambar 4.32 diatas menunjukkan grafik putaran yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2m dan pitch  $50^\circ$ . Nilai putaran turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade 8. Besarnya putaran turbin berbanding terbalik dengan kecepatan arus dan jumlah blade.

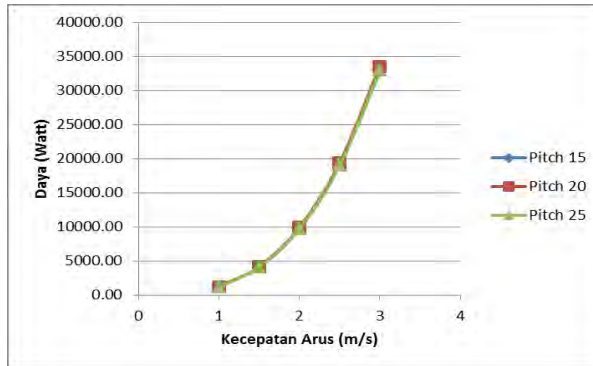
#### 4.2.4 Pembahasan perbandingan model Turbin antar Pitch

Pada sub bab ini akan membahas mengenai hasil perbandingan daya dari model pada setiap pitch yang telah ditentukan. Perbandingan dilakukan pada diameter dan jumlah blade yang sama .



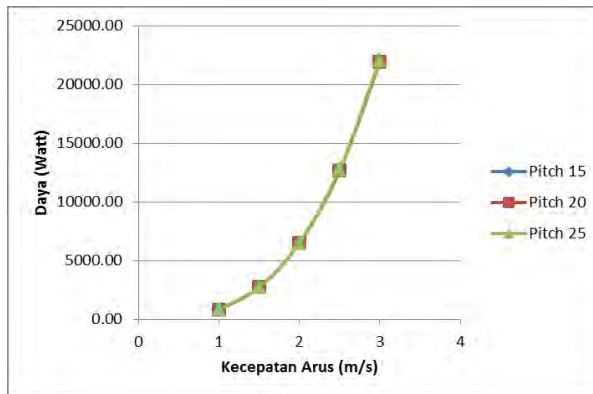
Gambar 4.33 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya

Gambar 4.33 diatas menunjukkan grafik daya yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 3m pada setiap pitch yang telah divariasikan.. Daya turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan pitch  $20^\circ$ . Sedangkan daya turbin terkecil dihasilkan oleh turbin dengan pitch  $15^\circ$ .



*Gambar 4.34 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya*

Gambar 4.34 diatas menunjukkan grafik daya yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2.5m pada setiap pitc yang telah divariasikan. Daya turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan pitch 20°. Sedangkan daya turbin terkecil dihasilkan oleh turbin dengan pitch 15°.



*Gambar 4.35 Grafik Kecepatan Arus Laut vs Daya*

Gambar 4.35 diatas menunjukkan grafik daya yang dihasilkan oleh turbin arus laut dengan diameter 2m pada setiap pitc yang telah divariasikan.. Daya turbin terbesar dihasilkan oleh turbin dengan pitch 20°. Sedangkan daya turbin terkecil dihasilkan oleh turbin dengan pitch 15°.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil simulasi dan analisa data yang telah dilakukan, maka penulis dapat menarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Daya terbesar dihasilkan oleh model turbin dengan sudut pitch  $20^{\circ}$  dengan diameter 3m dan jumlah blade 12. Besar daya yang dihasilkan adalah 49666.99 Watt.
2. Torsi terbesar dihasilkan oleh model turbin dengan sudut pitch  $25^{\circ}$  dengan diameter 3m dan jumlah blade 12. Besar torsi yang dihasilkan adalah 9852.32 Nm.
3. Putaran terbesar dihasilkan oleh model turbin dengan sudut pitch  $20^{\circ}$  dengan diameter 2m dan jumlah blade 10. Besar putaran yang dihasilkan adalah 821.43 rpm.
4. Besarnya daya yang dihasilkan pada setiap model turbin berbanding lurus dengan kecepatan arus laut yang menabrak blade turbin. Semakin besar kecepatan arus yang menabrak blade turbin maka daya yang dihasilkan semakin besar.
5. Besarnya torsi yang dihasilkan pada setiap model turbin berbanding lurus dengan jumlah blade. Semakin banyak jumlah blade pada turbin maka torsi yang dihasilkan semakin besar.

## 5.2 Saran

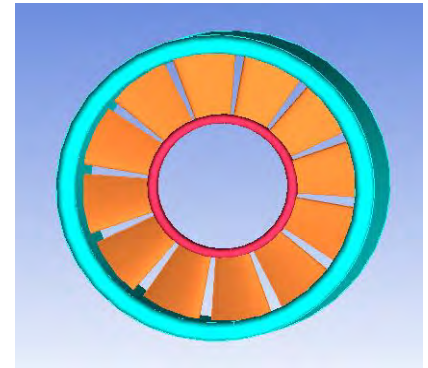
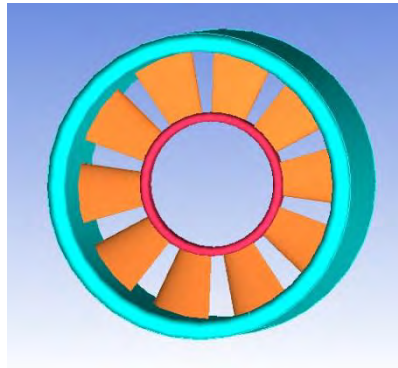
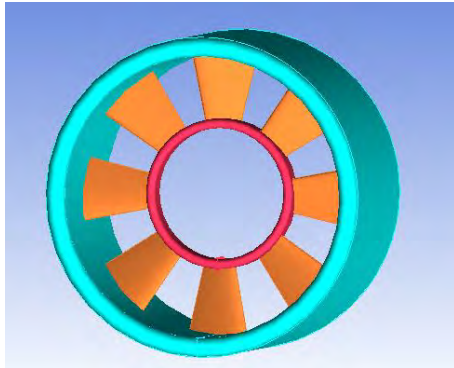
Dari analisa hasil simulasi – simulasi yang telah dilakukan, penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Untuk kedepannya penulis menyarankan untuk mempertimbangkan hal – hal sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan eksperimen dalam skala laboratorium untuk membandingkan hasil dari simulasi yang telah dilakukan.
2. Perlu dilakukan simulasi dengan menggunakan software yang berbeda untuk membandingkan hasil dari simulasi yang telah dilakukan.
3. Menambah banyaknya iterasi pada saat melakukan simulasi dengan menggunakan software agar mendapatkan hasil yang lebih valid.

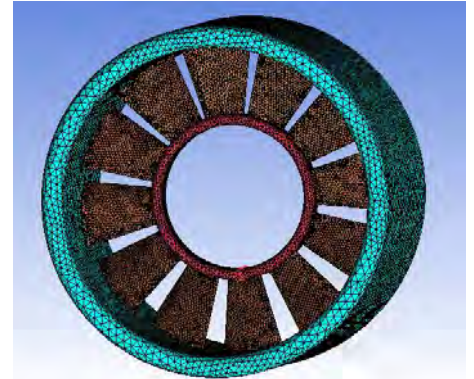
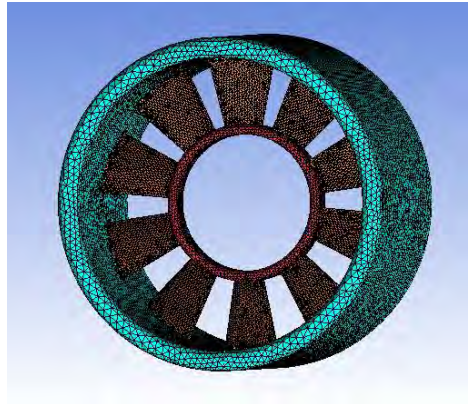
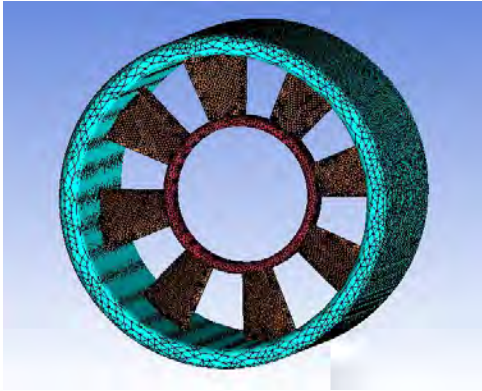
*halaman ini sengaja dikosongkan*

## LAMPIRAN

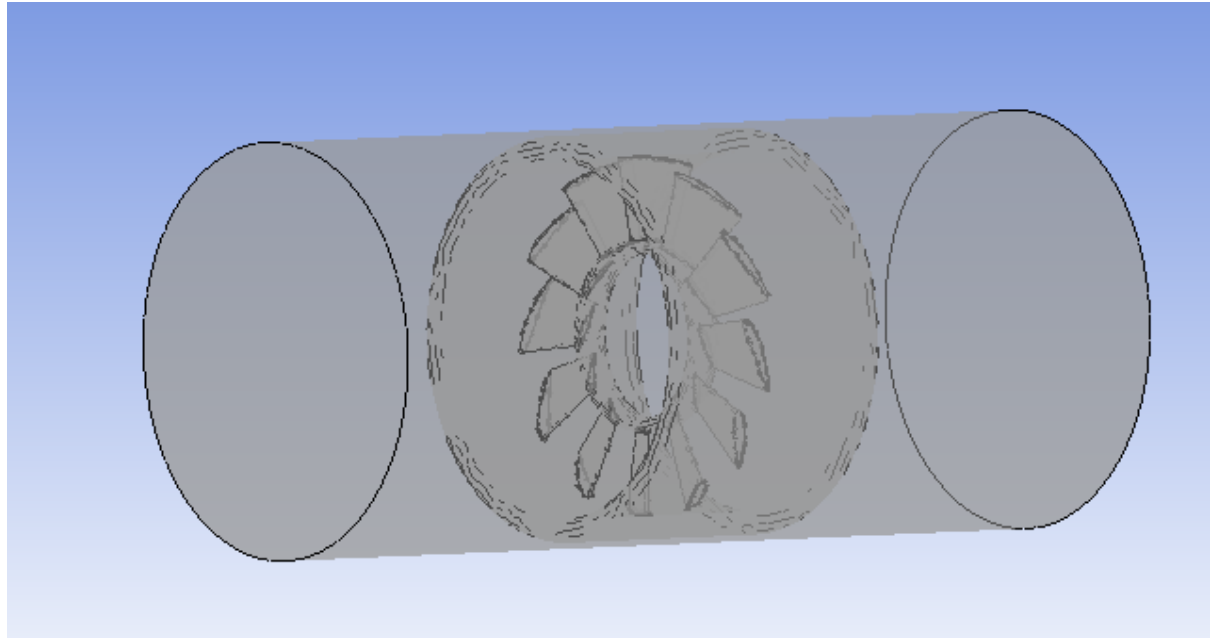
Gambar Geometri Model



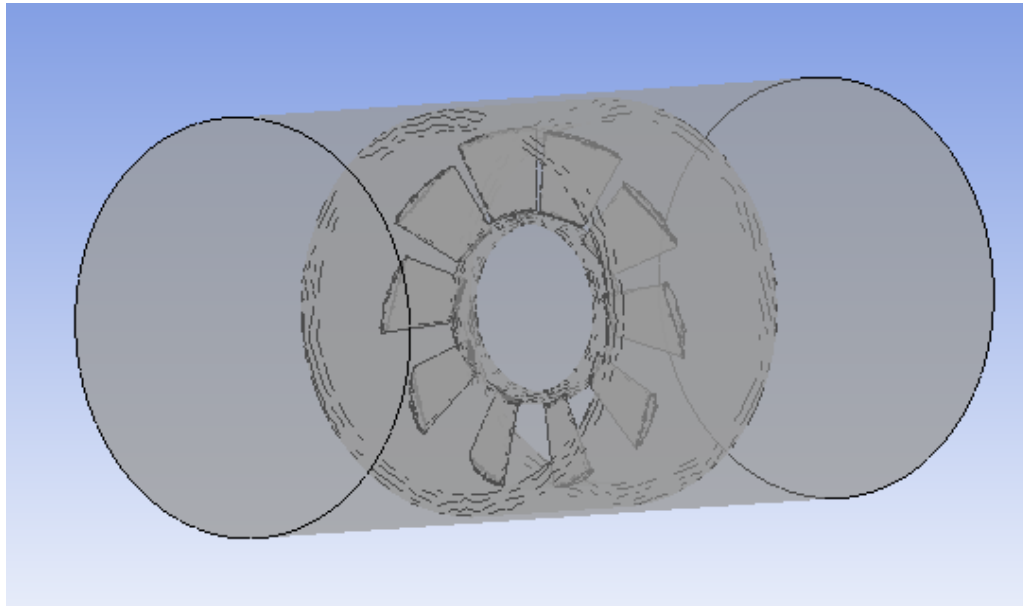
## Meshing Model



Model B12 dalam File cfx pre

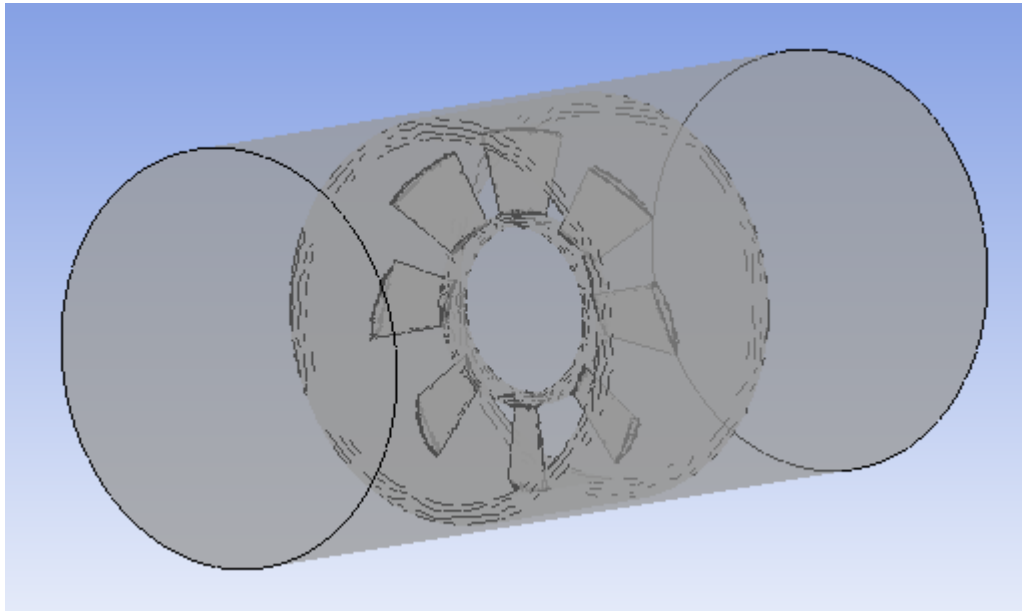


Model B10 dalam File cfx pre



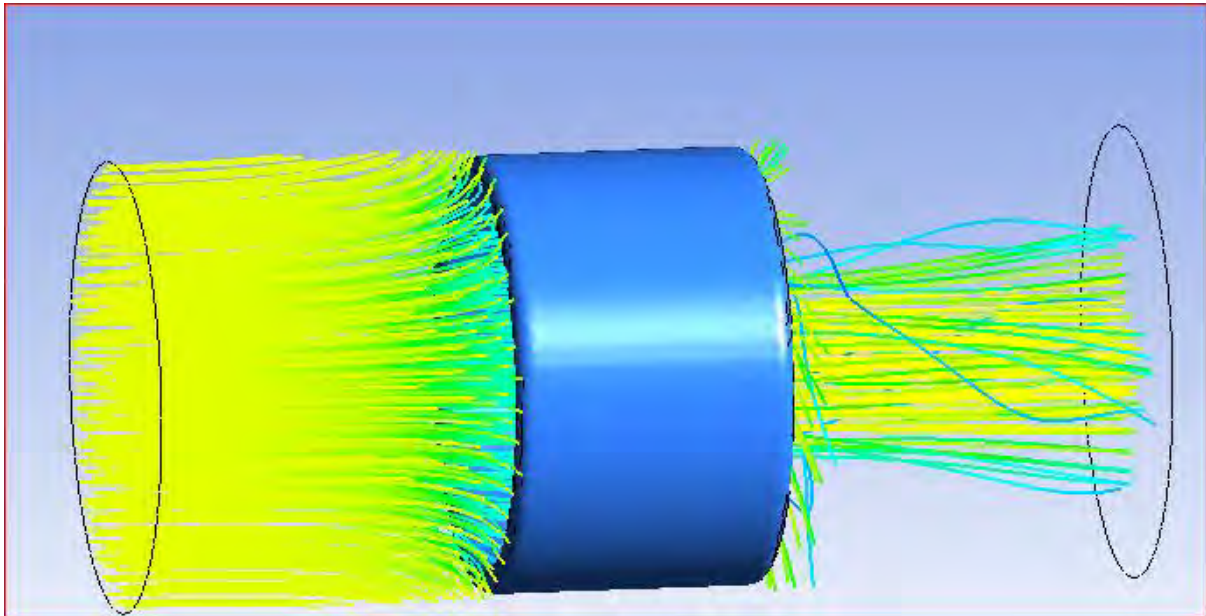


Model B8 dalam File cfx pre

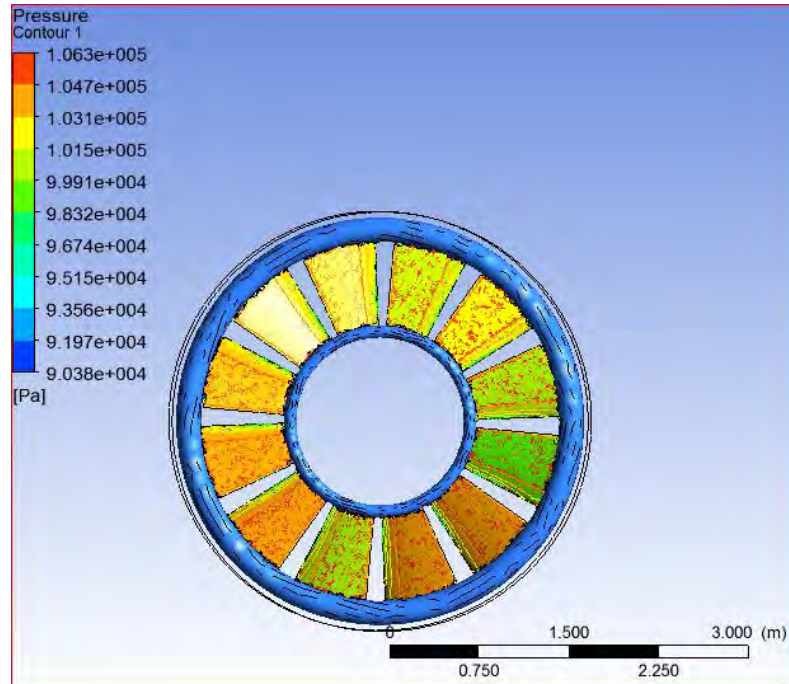


## Hasil Simulasi Model B12

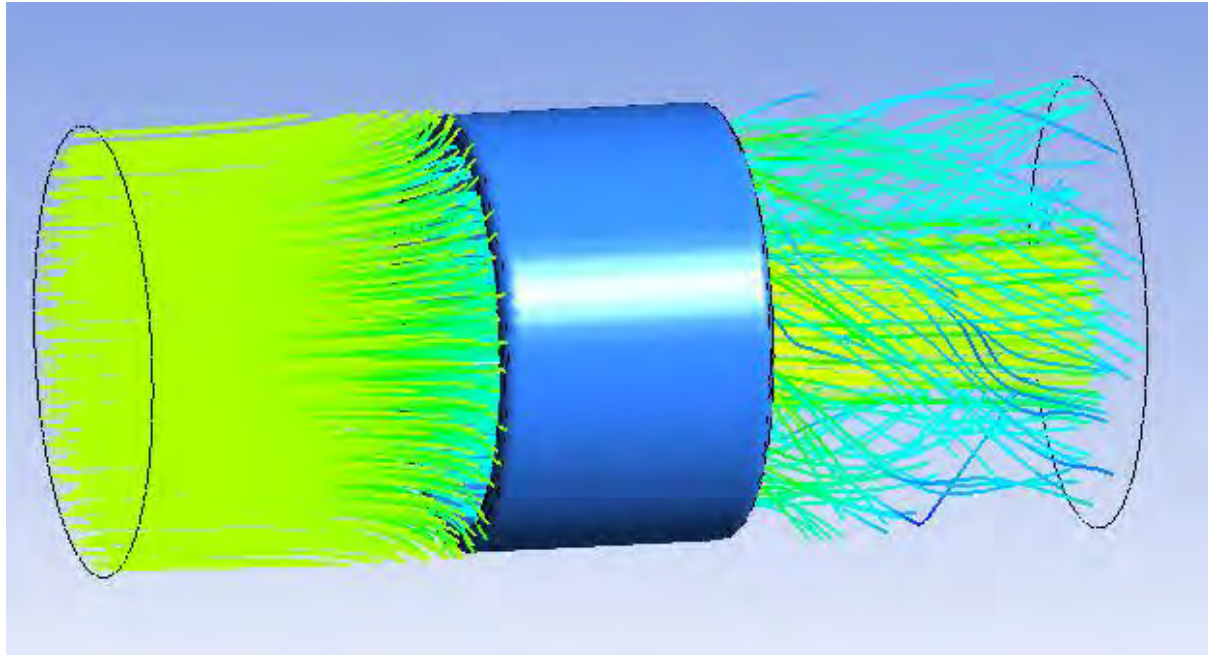
Streamline model B12



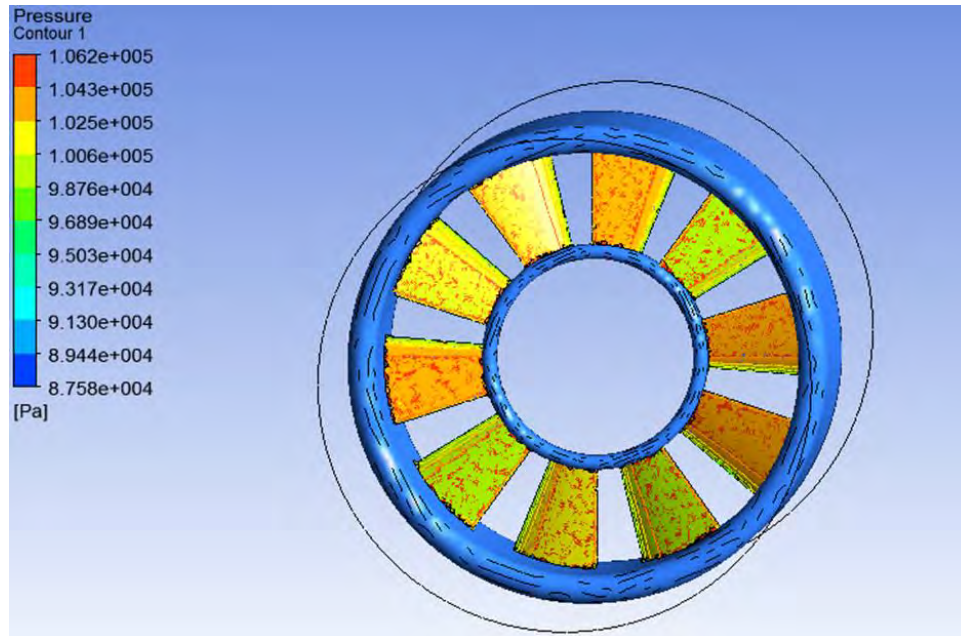
## Contour Tekanan model B12



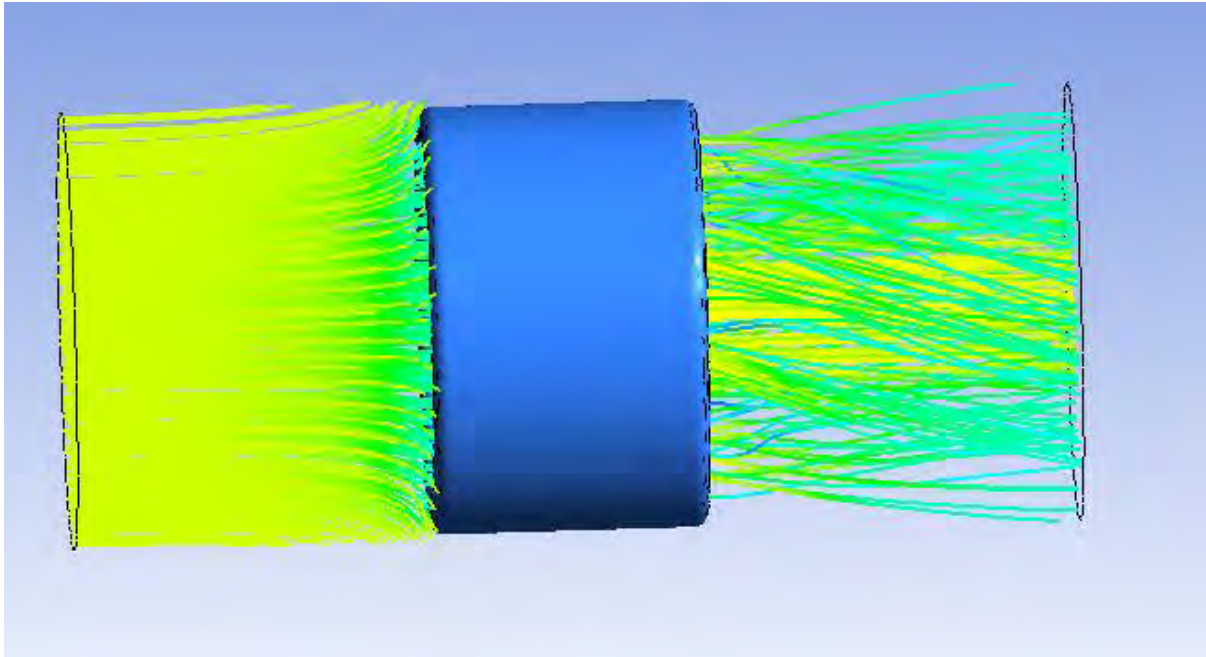
Streamline model B10



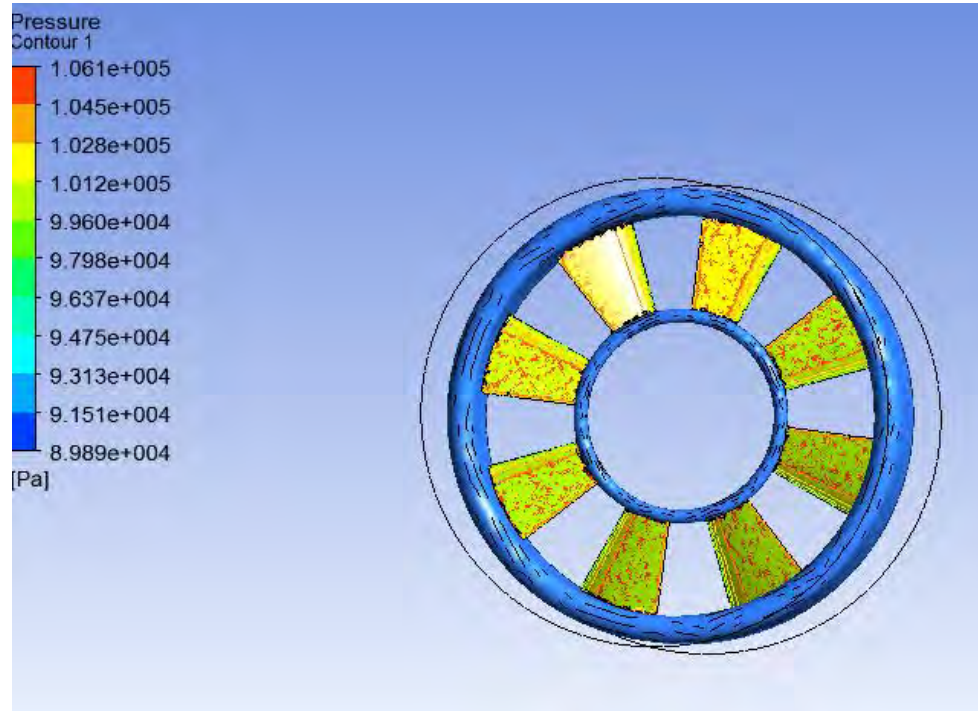
## Contour Tekanan model B10



Streamline model B8



## Contour Tekanan model B8



### LAMPIRAN

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 3m , Jumlah blade 8 dan Pitch 15°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (Watt)
1	3	28758.1	28758.1	3312.5	1.37	118.25	41016.59
2	2.5	23965.1	23965.1	2322.18	1.14	97.70	23755.75
3	2	19172.1	19172.1	1512.44	0.91	76.93	12183.30
4	1.5	14379.1	14379.1	882.97	0.68	55.69	5148.63
5	1	9586.05	9586.05	574.42	0.42	26.38	1587.02

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 3m , Jumlah blade 10 dan Pitch 15°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (Watt)
1	3	28758.1	28758.1	5081.08	1.244	80.56	42863.74
2	2.5	23965.1	23965.1	3501.29	1.03	67.84	24871.46
3	2	19172.1	19172.1	2209.99	0.828	54.92	12708.86
4	1.5	14379.1	14379.1	1206.87	0.62	42.45	5365.13
5	1	9586.05	9586.05	491.727	0.412	30.91	1591.78



Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 3m , Jumlah blade 12 dan Pitch 15°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (Watt)
1	3	28758.1	28758.1	8652.71	0.90	52.02	47136.77
2	2.5	23965.1	23965.1	6031.91	0.75	43.19	27281.83
3	2	19172.1	19172.1	3888.12	0.60	34.33	13975.63
4	1.5	14379.1	14379.1	2221.32	0.45	25.37	5901.11
	1	9586.05	9586.05	1031.48	0.29	16.22	1751.49

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2.5m , Jumlah blade 8 dan Pitch 15°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (Watt)
1	3	19969.2	19969.2	2687.90	1.45	97.75	27512.73
2	2.5	16641	16641	1842.92	1.21	82.58	15936.48
3	2	13312.8	13312.8	1151.50	0.97	67.72	8165.66
4	1.5	9984.58	9984.58	613.77	0.72	53.67	3449.22
5	1	6656.38	6656.38	229.93	0.48	42.50	1023.27

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2.5m , Jumlah blade10 dan Pitch 15°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (Watt)
1	3	19969.2	19969.2	4672.03	1.08	63.92	31268.88
2	2.5	16641	16641	3452.82	0.90	50.03	18087.41
3	2	13312.8	13312.8	2455.52	0.72	36.01	9258.44
4	1.5	9984.58	9984.58	1679.81	0.54	22.18	3902.10
5	1	6656.38	6656.38	1125.85	0.36	9.80	1155.86

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2.5m , Jumlah blade12 dan Pitch 15°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (Watt)
1	3	19969.2	19969.2	4406.59	0.87	71.38	32935.51
2	2.5	16641	16641	3082.81	0.73	59.02	19051.86
3	2	13312.8	13312.8	2002.31	0.58	46.51	9751.46
4	1.5	9984.58	9984.58	1164.91	0.44	33.71	4111.71
5	1	6656.38	6656.38	569.21	0.29	20.43	1217.77

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2m , Jumlah blade 8 dan Pitch 15°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (Watt)
1	3	12782.6	12782.6	1103.35	1.36	157.98	18252.28
2	2.5	10652.2	10652.2	737.36	1.14	136.91	10570.76
3	2	8521.72	8521.72	437.76	0.91	118.14	5415.30
4	1.5	6391.29	6391.29	204.67	0.68	106.70	2286.75
5	1	4260.86	4260.86	38.21	0.45	169.47	678.07

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2m , Jumlah blade 10 dan Pitch 15°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (Watt)
1	3	12782.6	12782.6	1386.38	0.94	142.97	20754.54
2	2.5	10652.2	10652.2	915.22	0.78	125.35	12012.43
3	2	8521.72	8521.72	530.27	0.63	110.79	6151.62
4	1.5	6391.29	6391.29	231.50	0.47	107.05	2594.91
5	1	4260.86	4260.86	18.93	0.31	387.61	768.15

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2m , Jumlah blade 12 dan Pitch 15°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (Watt)
1	3	12782.6	12782.6	1797.80	0.61	117.20	22063.63
2	2.5	10652.2	10652.2	1228.19	0.51	99.29	12769.78
3	2	8521.72	8521.72	762.21	0.40	81.93	6539.20
4	1.5	6391.29	6391.29	399.86	0.30	65.91	2759.50
5	1	4260.86	4260.86	141.11	0.20	55.34	817.74

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 3m , Jumlah blade 8 dan Pitch 20°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	28758.4	28758.5	8140.15	1.42	47.20	40232.64
2	3	23965.4	23965.4	6693.20	1.18	33.24	23294.17
3	2	19172.3	19172.3	5509.65	0.94	20.68	11928.05
4	2	14379.2	14379.2	4589.48	0.71	10.48	5037.22
5	1	9586.2	9586.2	3932.47	0.47	3.63	1493.71

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 3m , Jumlah blade 10 dan Pitch 20°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	28758.5	28758.5	4950.36	0.91	90.67	47002.32
2	2.5	23965.4	23965.4	2647.43	0.754	98.23	27231.81
3	2	19172.3	19172.3	761.428	0.598	175.17	13966.62
4	1.5	14379.2	14379.2	707.821	0.443	79.69	5906.26
5	1	9586.15	9586.15	1759.99	0.29	9.53	1755.99

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 3m , Jumlah blade 12 dan Pitch 20°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	28758.5	28758.5	3492.49	0.60	135.81	49666.99
2	2.5	23965.4	23965.4	1062.16	0.50	258.44	28744.06
3	2	19172.3	19172.3	925.97	0.40	151.80	14718.18
4	1.5	14379.2	14379.2	2471.98	0.30	23.99	6210.09
5	1	9586.15	9586.15	3576	0.20	4.92	1840.54

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2.5m , Jumlah blade 8 dan Pitch 20°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	19969.2	19969.2	4779.76	1.37	56.75	28404.69
2	2.5	16641	16641	4063.25	1.14	38.71	16468.33
3	2	13312.8	13312.8	3477.39	0.91	23.19	8445.37
4	1.5	9984.58	9984.58	3022.27	0.68	11.29	3572.40
5	1	6656.38	6656.38	2697.72	0.45	3.76	1061.69

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2.5m , Jumlah blade 10 dan Pitch 20°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	19969.2	19969.2	6286.03	1.02	48.26	31764.89
2	2.5	16641	16641	5037.24	0.85	34.88	18396.63
3	2	13312.8	13312.8	4015.11	0.68	22.42	9426.30
4	1.5	9984.58	9984.58	3220.25	0.51	11.80	3977.73
5	1	6656.38	6656.38	2652.91	0.34	4.24	1177.38

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2.5m , Jumlah blade 12 dan Pitch 20°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	19969.2	19969.2	4680.00	0.78	68.42	33527.15
2	2.5	16641	16641	3243.73	0.65	57.14	19408.04
3	2	13312.8	13312.8	2068.74	0.52	45.91	9944.06
4	1.5	9984.58	9984.58	1154.96	0.39	34.70	4197.07
5	1	6656.38	6656.38	502.46	0.25	23.67	1245.39

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2m , Jumlah blade 8 dan Pitch 20°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	12782.6	12782.6	1698.36	1.42	100.52	17875.47
2	2.5	10652.2	10652.2	1252.47	1.18	78.95	10353.85
3	2	8521.72	8521.72	887.96	0.94	56.99	5298.57
4	1.5	6391.29	6391.29	605.04	0.71	35.37	2240.75
5	1	4260.86	4260.86	403.80	0.47	15.72	664.73

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2m , Jumlah blade 10 dan Pitch 20°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	12782.6	12782.6	432.27	1.19	427.80	19364.01
2	2.5	10652.2	10652.2	130.33	0.99	821.43	11210.30
3	2	8521.72	8521.72	588.68	0.79	93.21	5745.60
4	1.5	6391.29	6391.29	943.52	0.59	24.56	2426.58
5	1	4260.86	4260.86	1195.61	0.39	5.75	719.88

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2m , Jumlah blade 12 dan Pitch 20°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	12782.6	12782.6	2307.76	0.65	90.76	21931.87
2	2.5	10652.2	10652.2	1570.32	0.54	77.20	12694.01
3	2	8521.72	8521.72	967.04	0.43	64.20	6500.78
4	1.5	6391.29	6391.29	497.91	0.32	52.62	2743.55
5	1	4260.86	4260.86	162.89	0.21	47.67	813.15



Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 3m , Jumlah blade 8 dan Pitch 25°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	28758.5	28758.5	2041.11	1.52	180.27	38511.52
2	2.5	23965.4	23965.4	422.63	1.27	503.82	22286.74
3	2	19172.3	19172.3	901.27	1.01	120.96	11410.80
4	1.5	14379.2	14379.2	1930.55	0.76	23.82	4813.92
5	1	9586.15	9586.15	2665.37	0.51	5.11	1426.35

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 3m , Jumlah blade 10 dan Pitch 25°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	28758.5	28758.5	9953.97	1.19	41.92	43674.98
2	2.5	23965.4	23965.4	7399.63	0.99	32.64	25278.01
3	2	19172.3	19172.3	5310.01	0.79	23.30	12950.81
4	1.5	14379.2	14379.2	3685.00	0.59	14.18	5469.56
	1	9586.15	9586.15	2526.45	0.39	6.14	1624.12

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 3m , Jumlah blade 12 dan Pitch 25°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	28758.5	28758.5	9852.32	0.76	46.99	48460.58
2	2.5	23965.4	23965.4	6684.96	0.63	40.08	28042.28
3	2	19172.3	19172.3	4096.01	0.51	33.50	14359.96
4	1.5	14379.2	14379.2	2084.92	0.38	27.77	6059.73
5	1	9586.15	9586.15	650.95	0.25	26.35	1795.48

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2.5m , Jumlah blade 8 dan Pitch 25°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	19969.2	19969.2	1957.22	1.47	133.56	27361.17
2	2.5	16641	16641	1017.62	1.22	148.86	15855.67
3	2	13312.8	13312.8	249.14	0.97	311.95	8134.70
4	1.5	9984.58	9984.58	348.14	0.73	94.42	3440.53
5	1	6656.38	6656.38	774.18	0.48	12.63	1023.27

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2.5m , Jumlah blade 10 dan Pitch 25°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	19969.2	19969.2	5119.19	1.08	58.42	31303.38
2	2.5	16641	16641	3565.20	0.90	48.57	18123.35
3	2	13312.8	13312.8	2291.50	0.72	38.71	9285.26
4	1.5	9984.58	9984.58	1298.54	0.54	28.85	3921.49
	1	6656.38	6656.38	587.00	0.36	18.94	1163.50

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2.5m , Jumlah blade 12 dan Pitch 25°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	19969.2	19969.2	6242.09	0.87	50.44	32956.27
2	2.5	16641	16641	4388.68	0.72	41.54	19080.70
3	2	13312.8	13312.8	2872.66	0.57	32.50	9772.99
4	1.5	9984.58	9984.58	1693.84	0.43	23.26	4123.83
5	1	6656.38	6656.38	852.07	0.29	13.71	1223.14

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2m , Jumlah blade 8 dan Pitch 25°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	12782.6	12782.6	1925.53	1.39	89.55	18047.88
2	2.5	10652.2	10652.2	1394.58	1.16	71.616	10453.47
3	2	8521.72	8521.72	957.93	0.93	53.419	5355.94
4	1.5	6391.29	6391.29	616.30	0.69	35.042	2260.43
5	1	4260.86	4260.86	370.75	0.46	17.273	670.28

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2m , Jumlah blade 10 dan Pitch 25°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	$\omega$ (rpm)	Daya (watt)
1	3	12782.6	12782.6	4210.67	1.06	45.66	20125.32
2	2.5	10652.2	10652.2	3453.34	0.89	32.19	11635.30
3	2	8521.72	8521.72	2835.97	0.71	20.05	5950.94
4	1.5	6391.29	6391.29	2357.80	0.54	10.16	2507.47
5	1	4260.86	4260.86	2017.94	0.36	3.51	742.34

Tabel Perhitungan Turbin dengan Diameter 2m , Jumlah blade 12 dan Pitch 25°

No	V in (m/s)	m in (kg/s)	m out (kg/s)	Torque (Nm)	V out (m/s)	ω (rpm)	Daya (watt)
1	3	12782.6	12782.6	3792.37	0.60	55.62	22076.02
2	2.5	10652.2	10652.2	2844.24	0.50	42.92	12776.23
3	2	8521.72	8521.72	2068.67	0.40	30.22	6543.32
4	1.5	6391.29	6391.29	1465.62	0.30	17.99	2760.27
5	1	4260.86	4260.86	1035.04	0.20	7.55	818.09

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gorlov, Alexander. 1998. Development of The Helical Reaction Hydraulic Turbine. Final Technical Report
- [2] International Energy Agency – Ocean Energy System (IEAIOES). Ref : Policy Report. Tahun 2006
- [3] NACA Airfoil series. [pdf] (<http://people.clarkson.edu/pmarzocc/AE429/The%20NACA%20airfoil%20series.pdf>, ) diakses pada tanggal 13 juni 2014
- [4] <http://www.greenworldinvestor.com/2011/03/15/advantages-and-disadvantages-of-tidal-energy/>, diakses tanggal 14 Juni 2014
- [5] N, Eastman., Jacobs., Ward, K.E., Pinkerton, R.M. 2012, Naca Four Digit Airfoil Section Generation Using Cubic Parametric Curve Segments And The Golden Section, Thesis.
- [6] <http://www.indoenergi.com/2012/04/keunggulan-dan-kelemahan-energi-angin.html> diakses pada 14 Juni 2014
- [7] Ashwill, T., Leonard, T. (1986). "Developments in Blade Shape Design for a Darrieus Vertical Axis Wind Turbine", *Sandia Report*, 86(1085)
- [8] <http://www.poweredbymothernature.com/what-is-wind-energy> diakses tanggal 9 juni 2014

[9] <http://www.reuk.co.uk/Savonius-Wind-Turbines.htm>  
diakses tanggal 9 juni 2014

[10] <http://eandt.theiet.org/magazine/2012/12/taming-the-tides.cfm> diakses tanggal 9 juni 2014

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Nganjuk, 09 Juli 1992. Merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di beberapa sekolah antara lain yaitu SDN Mlandangan II, SMP Negeri 1 Berbek dan SMAN 2 Nganjuk. Setelah lulus dari SMAN 2 Nganjuk pada tahun 2010, penulis melanjutkan ke jenjang strata-1 dan diterima di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS

melalui jalur PMDK. Teraftar dengan NRP 4210 100 035. Di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ini, penulis mengambil bidang studi marine *manufacturing and design* (MMD), di laboratorium MMD penulis menjabat sebagai kepala Divisi Internal dan Teknis. Penulis Aktif di berbagai kegiatan dan organisasi, menjabat sebagai Ketua Umum Lembaga Dakwah Jurusan T. Sistem Perkapalan 2011, Wakil Ketua Umum Lembaga Dakwah Fakultas Teknologi Kelautan 2013 dan beberapa organisasi lain diluar kampus. Penulis memiliki motto hidup “Bahagia dan Membahagiakan”.